

L'ÉLECTRICITÉ

D'où vient l'électricité - Action de l'électricité - Courant, tension, résistance - Magnétisme. Appareils de mesure pour courant continu.

EDITIONS GAMMA

ÉLECTRICITÉ

Tome 1

PROGRAMME COMMON-CORE

ÉLECTRICITÉ

1. D'où vient l'électricité — Action de l'électricité — Courant, tension, résistance — Magnétisme — Appareils de mesure pour courant continu.
2. Circuits en courant continu — Lois d'Ohm et de Kirchhoff — Puissance électrique.
3. Courant alternatif — Résistance, inductance, capacité en courant alternatif — Réactance — Appareils de mesure pour courant alternatif.
4. Impédance — Circuits en courant alternatif — Résonance série et résonance parallèle — Transformateurs.
5. Génératrices et moteurs à courant continu — Alternateurs et moteurs à courant alternatif — Dispositifs contrôleurs de puissance.
6. T-T 1 à 5. Fascicule programmé complémentaire — Auto-contrôle par questions-tests à choix multiple — Procédé Trainer-Tester.

ÉLECTRONIQUE

1. Introduction à l'électronique — Lampes à deux électrodes — Redresseurs secs — Qu'est-ce qu'un ensemble d'alimentation — Filtres régulateurs de tension.
2. Introduction aux amplificateurs — Triode — Tétrode et penthodes — Amplificateurs de tension et de puissance basse fréquence.
3. Amplificateurs vidéo — Amplificateurs haute fréquence — Oscillateurs.
4. Émetteurs — Lignes de transmission et antennes — Émission d'ondes entretenues et modulation d'amplitude.
5. Antennes de réception — Détecteurs et mélangeurs — Récepteurs à amplification directe — Récepteurs superhétérodynes.
6. Électronique de l'état solide — Diodes à semi-conducteurs — Fonctionnement d'un transistor — Circuits de transistors — Récepteurs à transistors — Principes de la modulation de fréquence — Émetteurs à modulation de fréquence — Récepteurs à modulation de fréquence.

SYSTÈMES DE SYNCHRONISATION ET SERVOMÉCANISMES

1. Introduction aux systèmes d'asservissement — Synchro-machines — Synchro-différentiel, Selsyns — Introduction aux servomécanismes — Construction d'un servomécanisme.
2. Détecteurs d'erreurs — Servomoteurs et servoamplificateurs — Thyratrons et circuits de commande — Système Ward Léonard et système de commande amplidyne — Suppression des oscillations pendulaires et transmission asservie à deux vitesses.

RADARS

Principe et fonctionnement — Le radar à impulsions — Le radar à ondes entretenues — Guides d'ondes et aériens.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

1. Introduction — La distribution de l'énergie électrique — L'éclairage — La commande des machines électromécaniques — Servomécanismes électromécaniques de contrôle — Dispositif de contrôle des fluides.
2. Systèmes industriels de contrôle des fluides — Contrôle de fabrication et vérification des produits — Télécommande, télémesure, et contrôle à distance — Le chauffage et le soudage électriques — Systèmes divers de contrôle industriel.

CIRCUITS ÉLECTRONIQUES

1. **Section** : Les signaux — Réponses des circuits RC, RL, RLC — Ligne à retard — Action cumulative — Réponses des circuits à lampes et à transistors.
   Dictionnaire : Circuits de mise en forme de l'amplitude — Générateurs d'impulsions rectangulaires. — Circuits multiplicateurs et diviseurs de durée d'impulsions.
2. Les bases de temps à déviation électrostatique et à déviation électromagnétique — Les impulsions de repérage — Circuits de liaison ou de coupage.

**VAN VALKENBURGH
NOOGER & NEVILLE, INC**

Ingénieurs conseils en organisation et en formation

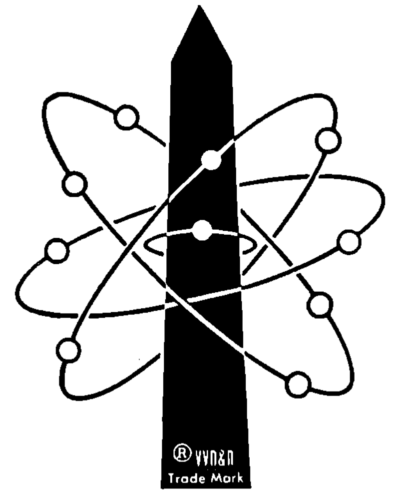
ÉLECTRICITÉ

Traduit et adapté par D. LUCK,
M. CAMUSET, professeur d'électronique des Écoles techniques de la Chambre de Commerce de Paris, professeur à l'École Charliat
& P. GORJUX, professeur au C.E.T. de La Goulette (Tunis)

Préface de F. J. SOEDE, professeur à Casablanca

1

D'où vient l'électricité
Action de l'électricité
Courant, tension, résistance
Magnétisme
Appareils de mesure pour courant continu



THE BROLET PRESS - NEW YORK
EDITIONS GAMMA
1, rue Garancière, Paris 6e
9, rue B. Frison, TOURNAI, Belgique

Édition française, 1re édition 1963
2e édition 1964
3e édition 1965
4e édition 1966
5e édition 1968
6e édition 1969
7e édition 1970
8e édition 1970
9e édition 1972
19e édition 1973
11e édition 1973
12e édition 1974
13e édition 1975
14e édition 1977
15e édition 1978
16e édition 1979
17e édition 1982

Il existe de nombreuses éditions de ces ouvrages dont :

une édition hollandaise,

une édition espagnole,

une édition portugaise,

une édition anglaise,

une édition américaine.

ISBN 2 — 7130 — 0033 — 5 (édition complète)
ISBN 2 — 7130 — 0099 — 8 (volume 1)
D — 1977 — 0195 — 73

PRÉFACE

Le développement de l'électricité et de l'électronique est surprenant et nous assistons actuellement à une infiltration rapide de ces techniques dans presque toutes les activités de la vie moderne.

Ce progrès inattendu réalisé dans les laboratoires exige une formation d'un nombre de plus en plus important de techniciens capables d'en suivre le développement.

Il devient donc urgent de constituer des équipes spécialisées pouvant assurer une exploitation rationnelle et un entretien efficace d'un matériel électronique nouveau et parfois révolutionnaire.

L'utilisation de ce matériel devenant de jour en jour grandissante et tendant à être universelle, tous les pays et particulièrement ceux qui sont techniquement sous-développés doivent faire un effort afin de former dans les plus brefs délais un personnel qualifié pour entretenir ces équipements modernes.

Afin que le technicien puisse se familiariser dans les meilleures conditions avec ce matériel électronique, il faut qu'il ait reçu une formation de base convenable.

Différentes méthodes d'enseignement peuvent être utilisées pour donner cette formation.

La méthode qui est, à mon avis, la plus révolutionnaire et la plus efficace est celle préconisée par Messieurs Van Valkenburgh, Nooger et Neville de New York dans leurs cours « Common-Core » d'électricité et d'électronique de base.

En effet, Messieurs Van Valkenburgh, Nooger et Neville ont fait des efforts dignes d'éloges pour sélectionner des mots simples et appropriés dans ces cours qu'ils ont, d'autre part, illustrés par des dessins bien suggestifs pour parvenir à une assimilation plus rapide de la part des étudiants.

Les étudiants qui ont suivi ces cours sont immédiatement aptes à aborder les circuits et les systèmes d'électronique compliqués.

Je me réjouis d'apprendre la parution en français de ces cours qui existent déjà dans les autres langues principales du monde.

C'est là un succès supplémentaire pour la méthode d'enseignement « Common-Core ».

FRANS J. SOEDE

Casablanca, 1963.



TABLE DES MATIÈRES

Tome 1 - Électricité

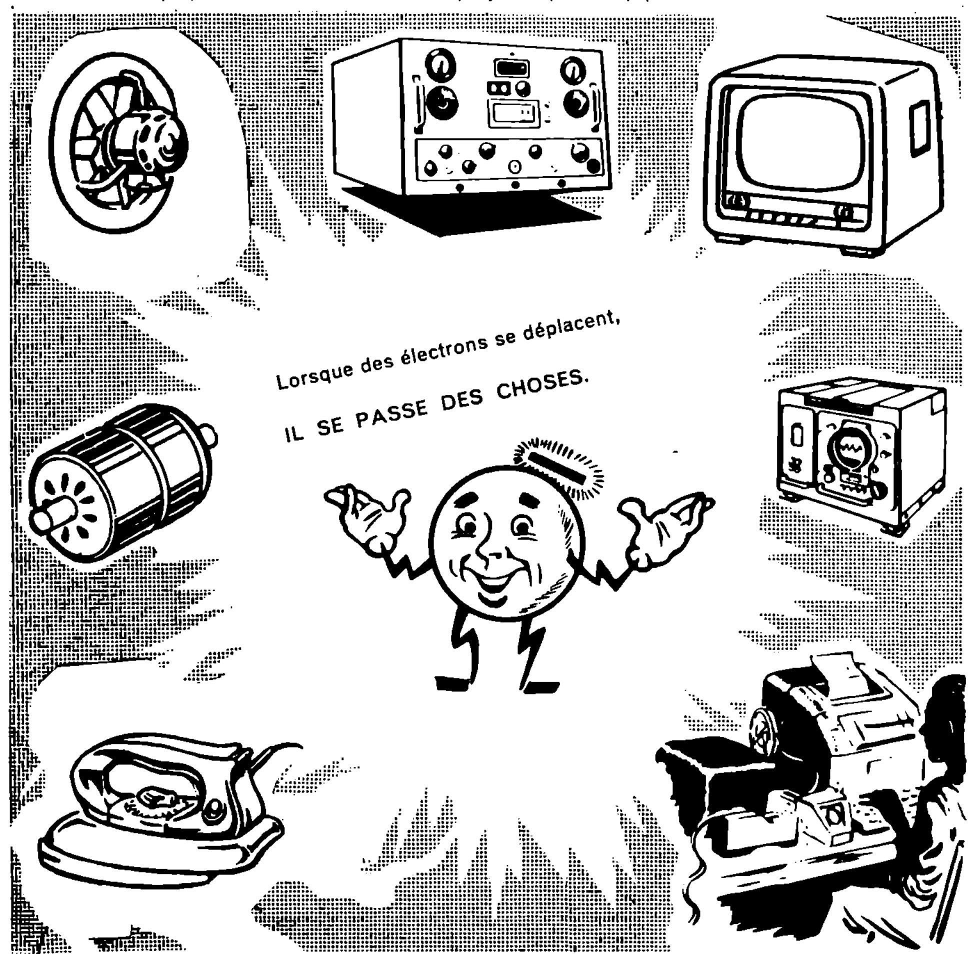
QU'EST-CE QUE L'ÉLECTRICITÉ?

LA THÉORIE DES ÉLECTRONS

On peut expliquer et prévoir tous les effets que produit l'électricité en partant de la supposition qu'il existe un élément infiniment petit appelé « électron ». La « théorie des électrons » a permis aux savants des prévisions et des découvertes qui, il y a peu de temps, paraissaient impossibles. La théorie des électrons est non seulement la présomption de base suivant laquelle sont construits tous les appareils électriques et électroniques, mais elle sert également à expliquer l'action chimique et permet aux chimistes de prédéterminer et de réaliser de nouveaux produits chimiques, tels que les « produits-miracles » synthétiques.

Puisque l'hypothèse de l'existence de l'électron a abouti à tant de découvertes importantes en matière d'électricité, d'électronique, de chimie et de physique nucléaire, nous pouvons considérer l'existence de l'électron comme un fait acquis. Puisque la théorie des électrons s'est toujours affirmée pour tout le monde, elle s'affirmera aussi pour vous.

Toutes vos études d'électricité seront basées sur la théorie des électrons. Cette théorie consiste à présumer que tous les phénomènes électriques et électroniques sont dus à un déplacement d'électrons ou que, dans un endroit déterminé, il y a trop ou trop peu d'électrons.



Vous venez d'apprendre que l'électricité est l'action des électrons se déplaçant d'un point à un autre, ou bien le manque ou l'excès d'électrons dans une substance. Avant de travailler avec l'électricité, vous voudriez certainement savoir ce que c'est exactement qu'un électron, et pourquoi il se déplace dans une substance. Pour que des électrons se déplacent, il faut qu'une sorte quelconque d'énergie soit transformée en électricité. Il existe six formes d'énergie qui peuvent être utilisées à ces fins, et dont chacune peut être considérée comme une source distincte d'électricité.

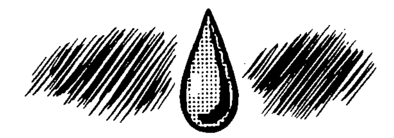
Cependant, avant d'étudier les différentes formes d'énergie qui peuvent provoquer le déplacement d'un électron, vous devez d'abord apprendre ce qu'est l'électron. Comme l'électron est une partie de l'atome, il faut que vous sachiez quelque chose sur la structure atomique de la matière.



L'ÉLECTRON EST DE L'ÉLECTRICITÉ

COMPOSITION DE LA MATIÈRE

Vous venez d'apprendre que les électrons sont des particules infiniment petites d'électricité, mais vous vous interrogez peut-être sur le rôle que peuvent jouer les électrons dans la composition des matières qui nous entourent. Vous comprendrez ce rôle en examinant soigneusement une matière quelconque de votre entourage, par exemple une goutte d'eau.



Si vous prenez cette goutte d'eau et que vous la partagez en deux, pour partager ensuite l'une de ces deux gouttes en deux gouttes encore plus petites, et si vous répétez cette opération des milliers de fois, vous allez obtenir une goutte d'eau infiniment petite. Cette goutte va être tellement petite qu'il vous faudra pour l'apercevoir le meilleur microscope dont on dispose aujourd'hui.

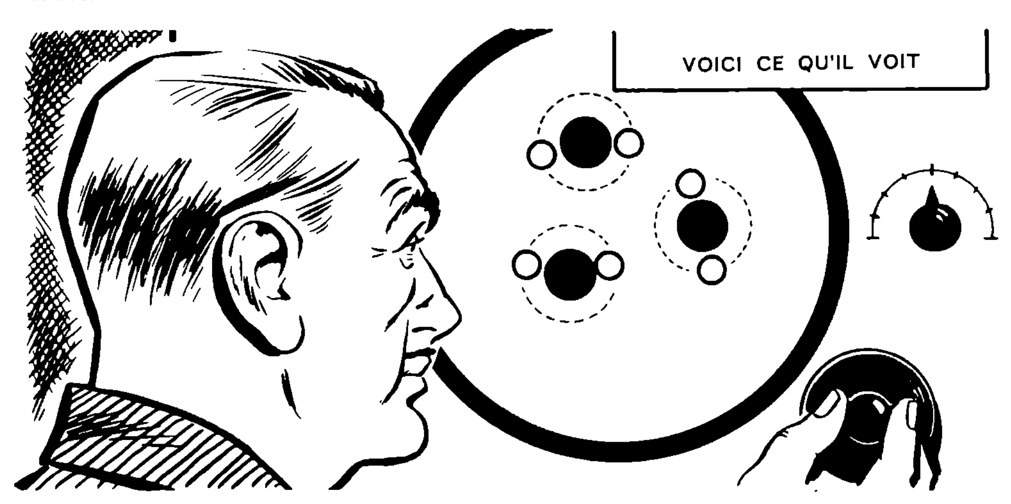
DIVISION D'UNE GOUTTE D'EAU

Image obtenue

Cette minuscule goutte d'eau aura cependant toutes les propriétés chimiques de l'eau. Si un chimiste la soumettait à une analyse, il ne trouverait aucune différence chimique entre cette goutte microscopique et un verre d'eau ordinaire.

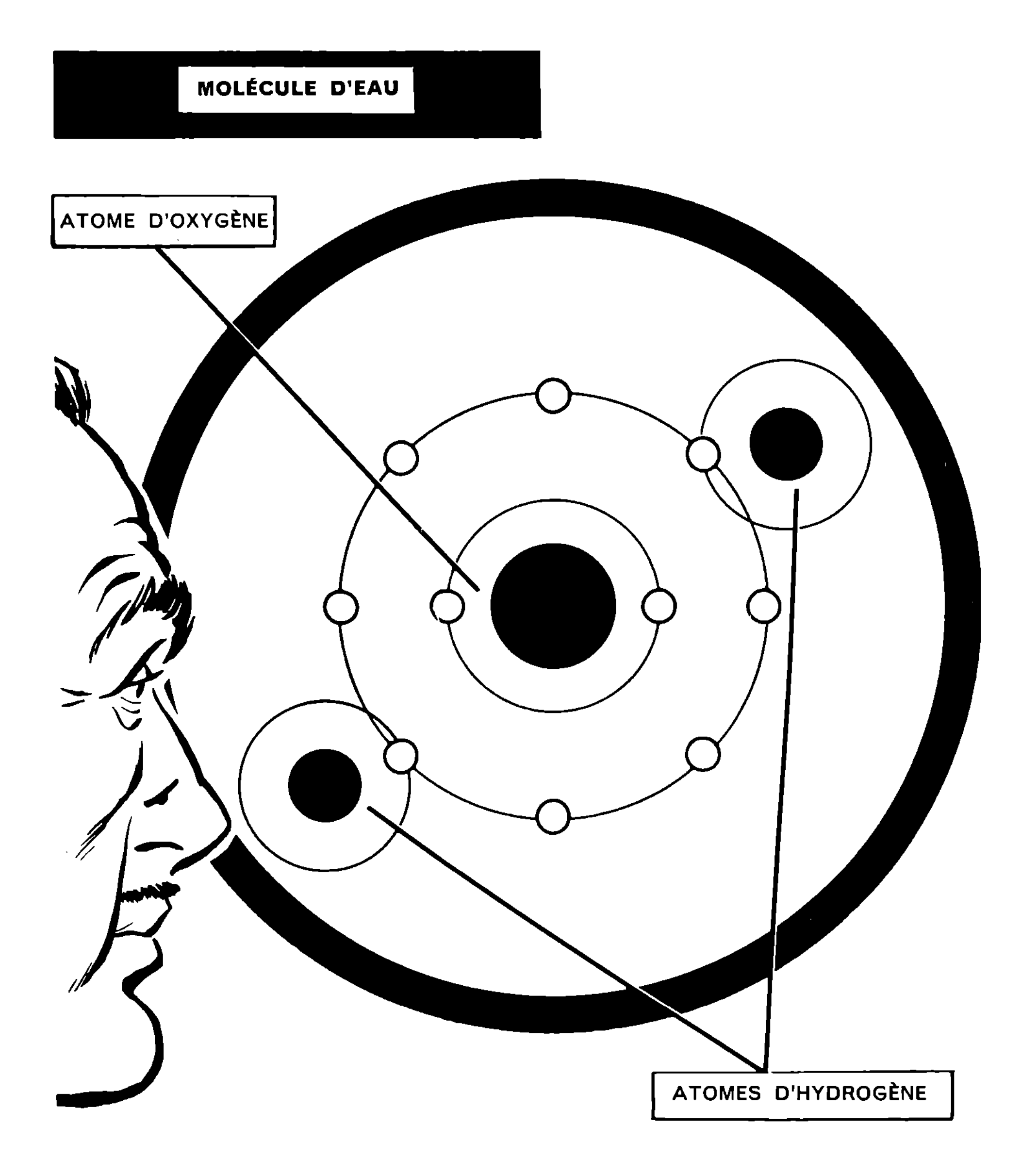
Si vous prenez maintenant cette goutte microscopique et si vous essayez de la partager de nouveau en deux, vous ne la verrez même plus au microscope. Imaginez que vous disposiez d'un microscope qui grossisse les objets un nombre de fois beaucoup plus élevé que tous les microscopes qui existent jusqu'à présent. Ce microscope permettrait tous les grossissements voulus, et vous pourriez alors mettre votre minuscule goutte d'eau sous ce microscope et continuer à la diviser en gouttelettes de plus en plus petites.

Les goutelettes que vous obtiendriez auraient toujours toutes les propriétés chimiques de l'eau. Cependant, vous arriveriez finalement à une gouttelette si petite qu'elle aurait perdu les propriétés chimiques de l'eau. Cette gouttelette est appelée « molécule ». Si vous examinez la molécule d'eau suffisamment grossie, vous voyez qu'elle se compose de trois parties très rapprochées les unes des autres.

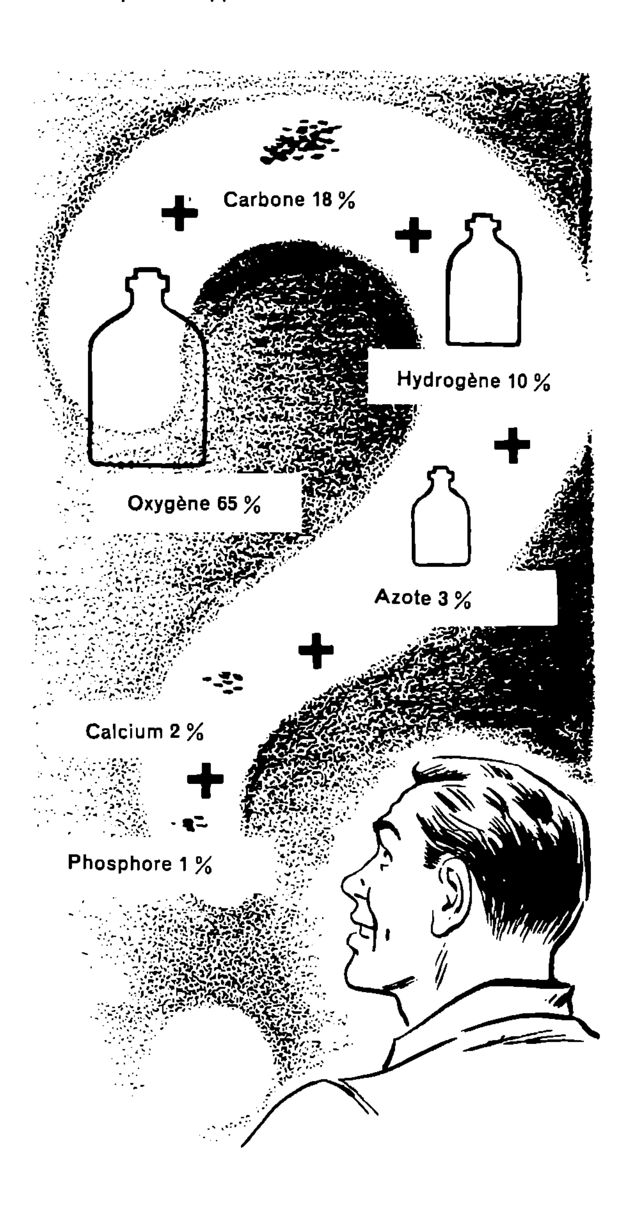


STRUCTURE DE LA MOLÉCULE

Si vous augmentez le pouvoir grossissant du microscope, vous voyez que la molécule d'eau se compose de deux minuscules ensembles identiques et d'un troisième qui est plus grand et différent des deux autres. Ces minuscules ensembles sont appelés « atomes ». Les deux tout petits atomes, qui sont identiques l'un à l'autre, sont des atomes d'hydrogène, tandis que le plus grand est un atome d'oxygène. Lorsque deux atomes d'hydrogène se combinent avec un atome d'oxygène, on obtient une molécule d'eau.

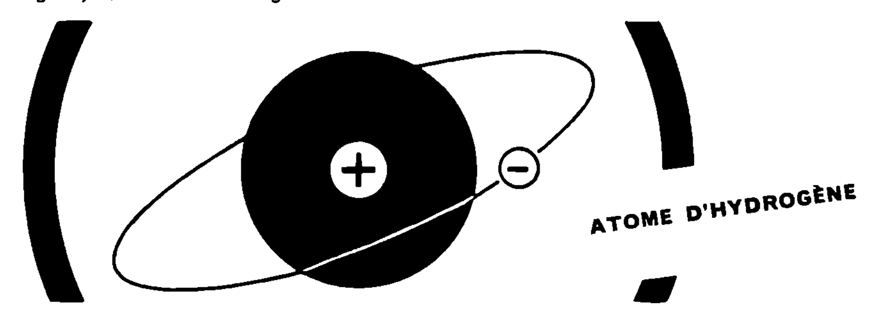


Si l'eau se compose seulement de deux sortes d'atomes (oxygène et hydrogène), il existe beaucoup de matières dont les molécules sont de structure plus complexe. Les molécules de cellulose qui composent le bois comprennent trois sortes d'atomes (carbone, hydrogène et oxygène). Toutes les matières sont constituées par des molécules, et ces molécules sont des combinaisons différentes d'atomes. Il n'existe qu'une centaine de sortes d'atomes, chacune de ces sortes étant connue sous le nom d'un « élément » : oxygène, carbone, hydrogène, fer, or, azote, etc. Le corps humain, avec tous ses tissus complexes, les os, les dents, etc., se compose seulement de 15 éléments, dont 6 seulement se trouvent en quantité appréciable.



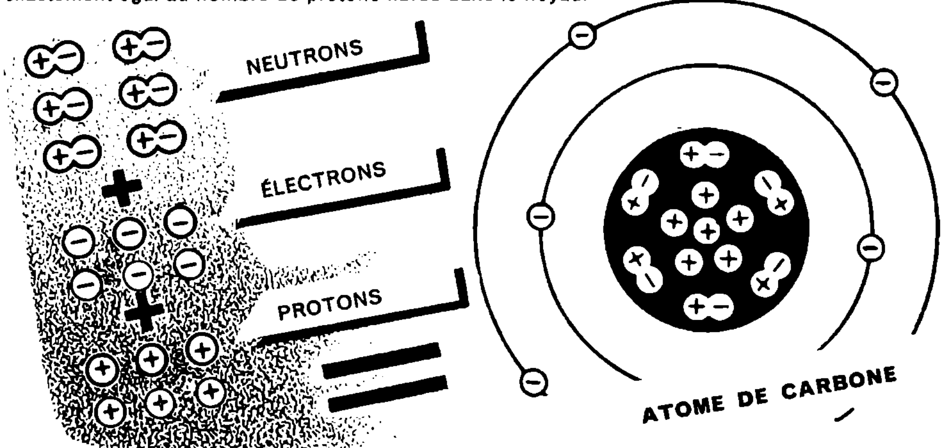
COMPOSITION DE L'ATOME

Maintenant que vous avez appris que toutes les matières se composent de molécules, lesquelles sont constituées par différentes combinaisons d'une centaine seulement de sortes d'atomes, vous vous demanderez peut-être ce que tout cela a à voir avec l'électricité. Augmentez encore davantage le pouvoir grossissant de votre super-microscope imaginaire et examinez l'un des atomes que vous trouvez dans la molécule d'eau. Prenez le plus petit atome que vous puissiez trouver (l'atome d'hydrogène) et examinez-le soigneusement.



Vous voyez que l'atome d'hydrogène est comme un soleil autour duquel tourne une planète. Cette planète est appelée « électron », et le soleil est appelé « noyau ». L'électron a une charge électrique négative, et le noyau une charge électrique positive.

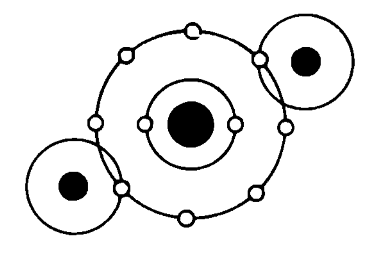
Dans tout atome, le nombre total des électrons à charge négative, qui tournent autour du noyau, est exactement égal au nombre de charges positives dans le noyau. Ces charges positives sont appelées « protons ». En plus des protons, le noyau comprend encore des particules qui sont électriquement neutres et que l'on appelle « neutrons ». Ils se composent d'un proton et d'un électron étroitement liés l'un à l'autre. Les atomes de matières différentes renferment, dans leurs noyaux, des nombres d'atomes différents mais le nombre d'électrons qui tournent autour du noyau est toujours exactement égal au nombre de protons libres dans le noyau.



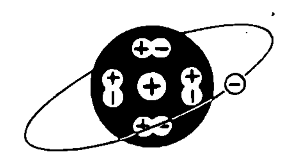
Les électrons des couches extérieures d'un atome sont moins fortement attirés par le noyau que les électrons des couches immédiatement voisines du noyau. Ces électrons des couches extérieures sont appelés « électrons libres », car on peut facilement les forcer à quitter leur orbite, tandis que les électrons des couches intérieures sont appelés « électrons liés » parce qu'ils quittent difficilement leur orbite. C'est le déplacement des électrons libres qui constitue un courant électrique.

RÉCAPITULATION. QU'EST-CE QUE L'ÉLECTRICITÉ?

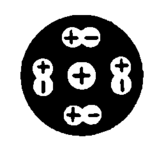
Arrêtons-nous pour un instant et récapitulons ce que vous venez d'apprendre sur l'électricité et sur la théorie des électrons. Ensuite, vous pourrez étudier les sources d'électricité.



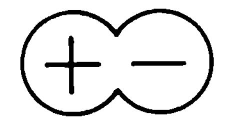
1. MOLÉCULE — La molécule est une combinaison de deux atomes ou plus.



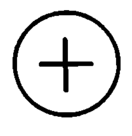
2. ATOME — L'atome est la plus petite particule physique qu'on puisse obtenir en divisant un élément.



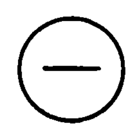
3. NOYAU — Le noyau est la partie lourde et électriquement positive d'un atome, qui ne bouge pas.



4. NEUTRON — Le neutron est la particule lourde et électriquement neutre, à l'intérieur du noyau, qui se compose d'un proton et d'un électron.



5. PROTON — Le proton est la particule lourde et électriquement positive à l'intérieur du noyau.



6. ÉLECTRON — L'électron est la particule minuscule et électriquement négative qui n'a pratiquement pas de masse et qui tourne autour du noyau.

7. ÉLECTRONS LIÉS — Les électrons liés sont ceux qui se trouvent sur les orbites intérieures d'un atome et que l'on ne peut pas facilement forcer à quitter leur orbite.

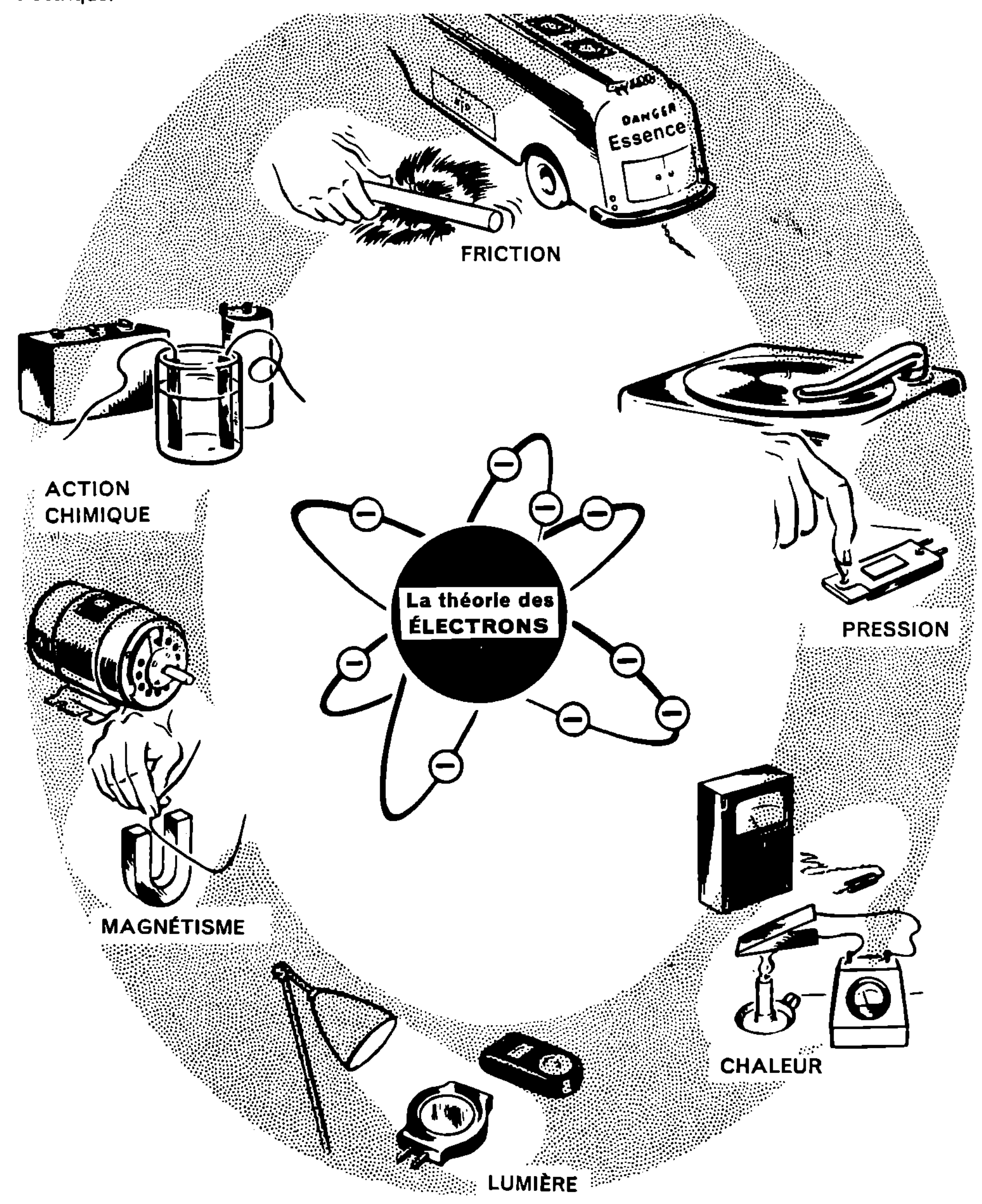
8. ÉLECTRONS LIBRES — Les électrons libres sont ceux qui se trouvent sur les orbites extérieures d'un atome et que l'on peut facilement forcer à quitter leur orbite.

9. ÉLECTRICITÉ — L'électricité est l'effet produit par un déplacement d'électrons, soit l'effet d'un excès ou d'un manque d'électrons dans une matière.

COMMENT L'ÉLECTRICITÉ EST PRODUITE

LES SIX SOURCES D'ÉLECTRICITÉ

Pour produire de l'électricité, il faut utiliser une forme d'énergie susceptible de provoquer un déplacement d'électrons. Les six sources d'énergie qu'on peut utiliser à cet effet sont : la FRICTION, la PRESSION, la CHALEUR, la LUMIÈRE, le MAGNÉTISME et l'ACTION CHIMIQUE. Avant d'étudier ces différentes sources d'énergie, vous allez vous familiariser avec la notion de charge électrique.



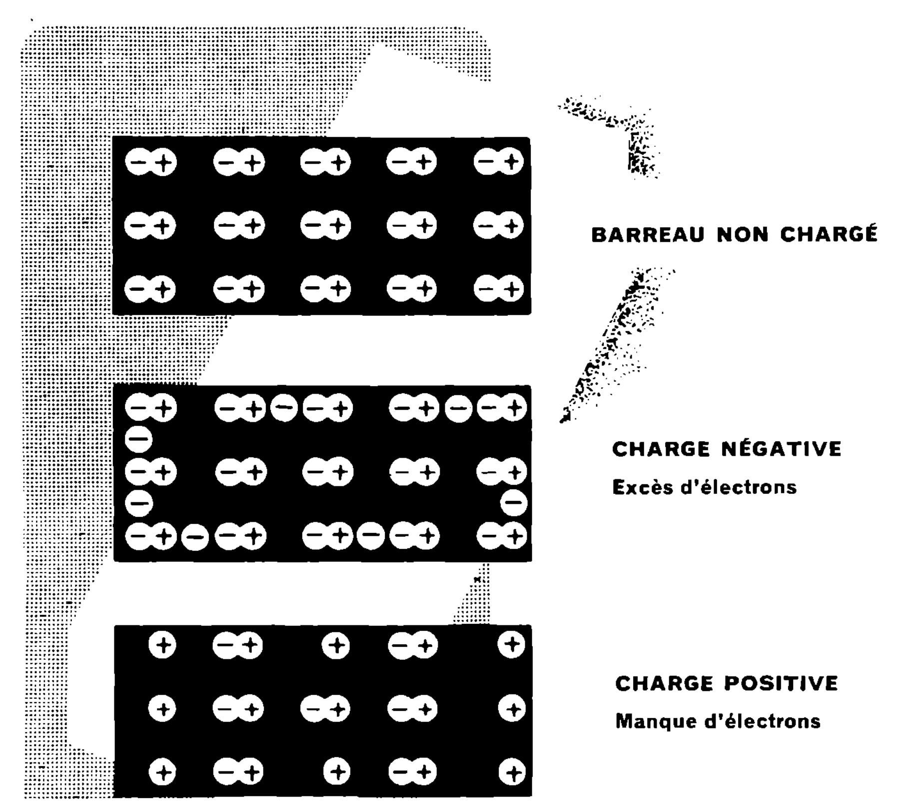
CHARGES ÉLECTRIQUES

Vous avez vu comment les électrons d'un atome tournaient autour du noyau et étaient maintenus sur les orbites par la force d'attraction de la charge positive du noyau. Si vous arrivez à forcer un électron à quitter son orbite, le déplacement de cet électron donnerait ce qu'on appelle l'électricité.

Lorsque des électrons quittent ainsi leur orbite, ils laissent derrière eux un manque d'électrons. Par contre, ils provoquent un excès d'électrons à l'endroit où ils vont. Cet excès d'électrons dans une matière est appelé « charge négative », tandis que le manque d'électrons dans la matière que les électrons viennent de quitter est appelé « charge positive ». Lorsqu'il existe l'une de ces charges, on parle d'électricité « statique ».

Pour provoquer une charge « négative » ou une charge « positive », il faut amener un électron à se déplacer, tandis que les charges positives dans le noyau ne bougent pas. Toute matière qui possède une charge « positive » possède son nombre normal de charges positives dans le noyau, mais il lui manque des électrons. Par contre, une matière qui porte une charge négative a un nombre excessif d'électrons.

Maintenant, vous allez pouvoir comprendre comment la friction ou le frottement peut provoquer un excès ou un manque d'électrons et, par là, de l'électricité statique.



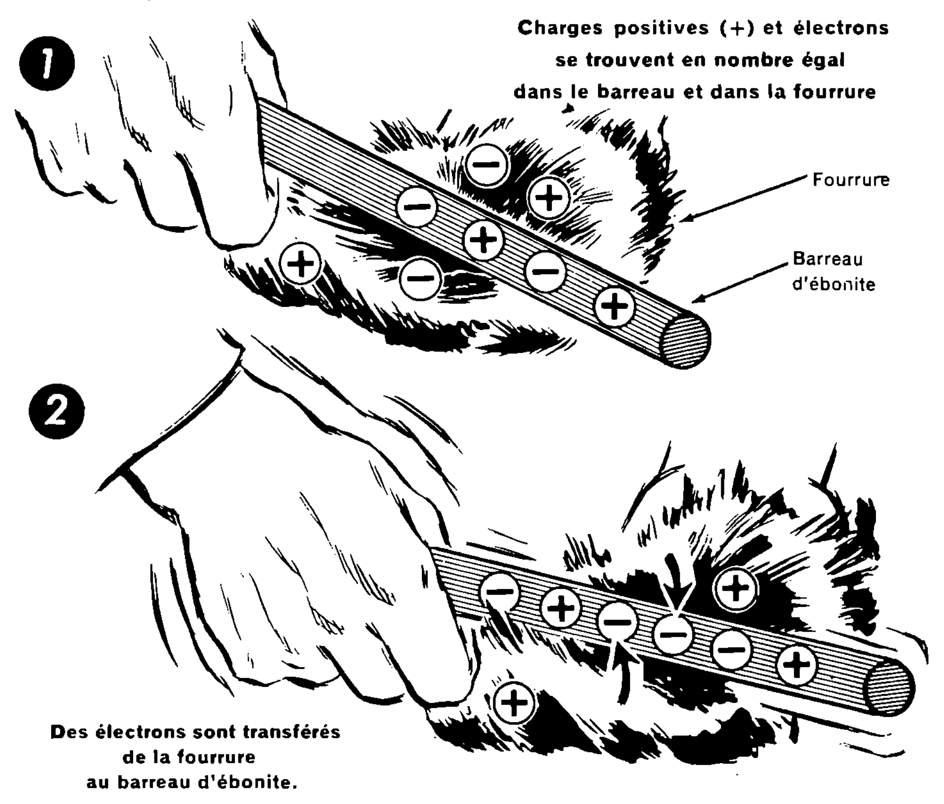
COMMENT LA FRICTION PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ

CHARGES STATIQUES PROVOQUÉES PAR FRICTION

Vous savez déjà ce qu'est l'électron, et vous connaissez les notions de charge positive et de charge négative. Maintenant, vous allez voir comment ces charges sont produites. La source principale d'électricité statique à laquelle vous aurez affaire est le frottement. Si vous frottez deux matières l'une contre l'autre, il se peut que des électrons soient forcés de quitter leur orbite dans l'une des deux matières pour être capturés par l'autre. La matière qui capture ainsi des électrons va avoir une charge négative, et la matière qui perd des électrons va avoir une charge positive.

Lorsque deux matières frottent l'une contre l'autre, le contact entre ces deux matières provoque le croisement de couches d'électrons et il peut arriver que l'une des matières abandonne des électrons au profit de l'autre. Il en résulte des charges statiques dans les deux matières, et le frottement a ainsi produit de l'électricité. La charge qu'on peut provoquer ainsi est ou positive ou négative, selon que la matière considérée abandonne des électrons plus ou moins facilement.

Parmi les matières qui développent très facilement de l'électricité statique, on compte le verre, l'ambre jaune, l'ébonite, les cires, la flanelle, la soie, la rayonne et le nylon. Lorsqu'on frotte de l'ébonite contre de la fourrure, celle-ci abandonne des électrons au profit du barreau d'ébonite. Celui-ci prend alors une charge négative, tandis que la fourrure prend une charge positive. Lorsqu'on frotte du verre contre un tissu de soie, le verre abandonne des électrons au profit de la soie. Celle-ci prend alors une charge négative, tandis que le barreau de verre prend une charge positive. Vous verrez qu'une charge statique peut également être transférée d'une matière à une autre sans frottement, mais la source primitive de ces charges statiques est le frottement.

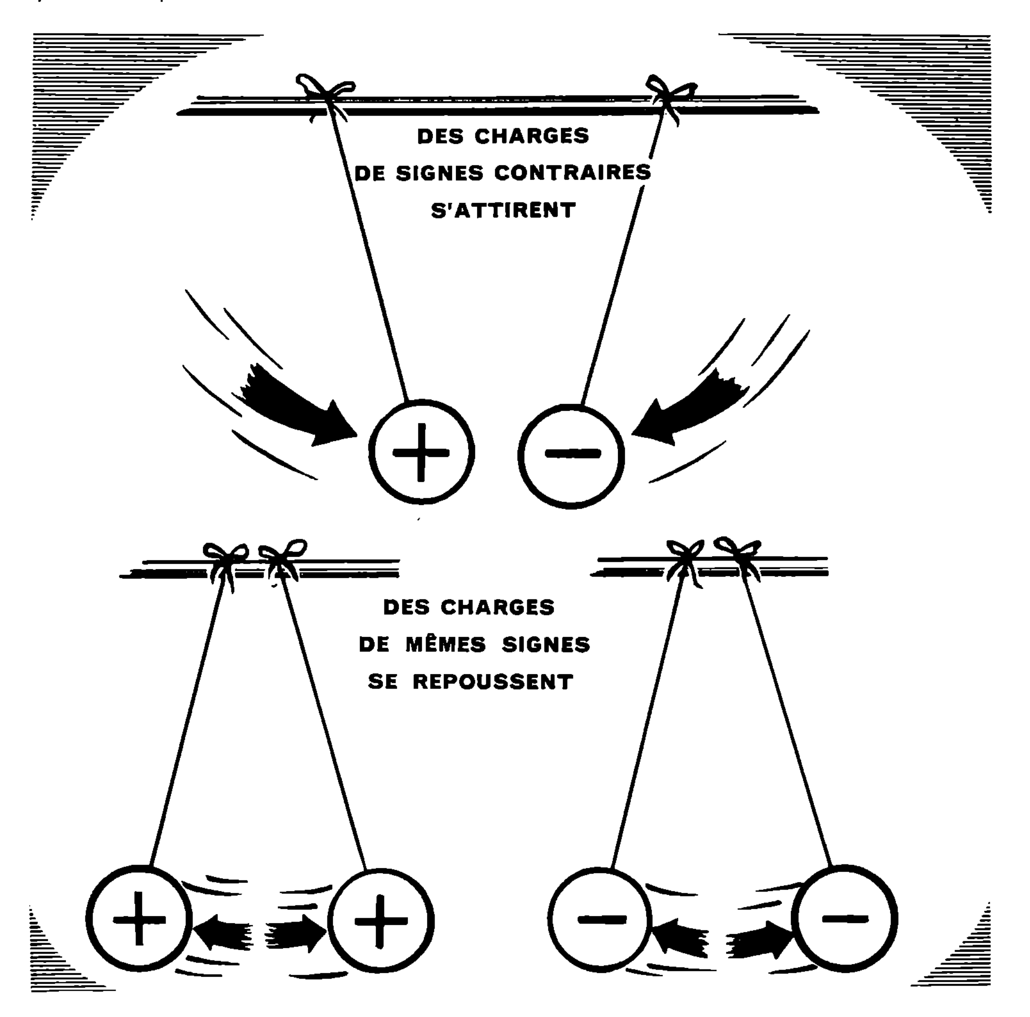


ATTRACTION ET RÉPULSION DES CHARGES

Lorsque des matières portent des charges d'électricité statique, elles réagissent de façon autre que lorsqu'elles sont électriquement neutres. Par exemple, si vous placez une balle chargée positivement près d'une autre balle qui porte une charge négative, les deux balles vont être attirées l'une par l'autre. Si les charges sont assez grandes et les balles assez légères et mobiles, elles vont se rapprocher l'une de l'autre jusqu'à se toucher. Cependant, que les balles soient ou non libres de se déplacer, il existe toujours une force d'attraction entre leurs charges respectives.

Cette force d'attraction s'explique par le fait que les électrons qui sont de trop dans l'une des balles ont tendance à se déplacer vers l'autre où il manque des électrons. Si vous établissez un contact direct entre deux matières de charges différentes, les électrons qui sont de trop dans la matière de charge négative vont aller dans l'autre matière qui manque d'électrons. Ce transfert d'électrons d'une charge négative à une charge positive s'appelle « décharge ».

Si vous prenez deux balles de charges de mêmes signes, soit positives soit négatives, vous voyez qu'elles se repoussent.



TRANSFERT DE CHARGES STATIQUES PAR CONTACT

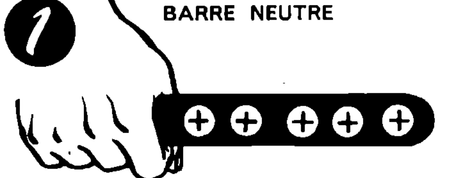
Si la plupart des charges statiques sont provoquées par frottement, il en existe aussi qui sont provoquées par d'autres moyens. Ainsi, si un objet possède une charge statique, il influence tous les autres objets qui se trouvent immédiatement à côté de lui. Cette influence peut s'exercer, soit par contact, soit par induction.

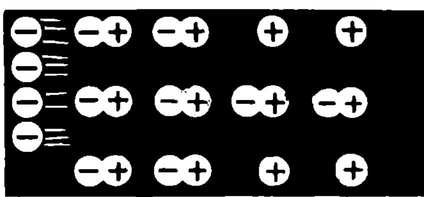
Lorsqu'un objet a une charge positive, cela signifie qu'il manque d'électrons. Il va donc en attirer. Lorsqu'un objet a une charge négative, cela signifie qu'il a trop d'électrons. Il va donc repousser tous électrons supplémentaires.

Si vous touchez une barre de métal électriquement neutre avec un barreau qui porte une charge positive, le barreau va attirer des électrons de la barre vers le point de contact. Certains de ces électrons vont quitter la barre et entrer dans le barreau. La barre prend alors une charge positive et la charge positive du barreau se trouve affaiblie.

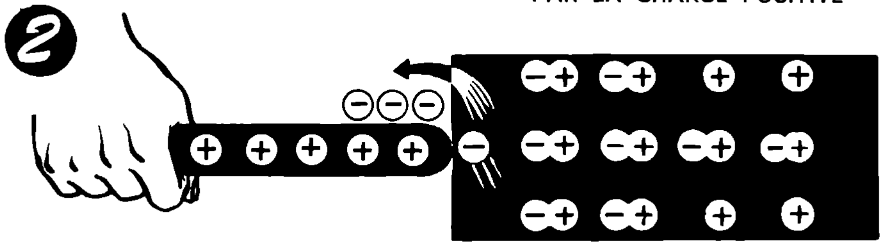


LE BARREAU CHARGÉ POSITIVEMENT TOUCHE PRESQUE LA BARRE NEUTRE

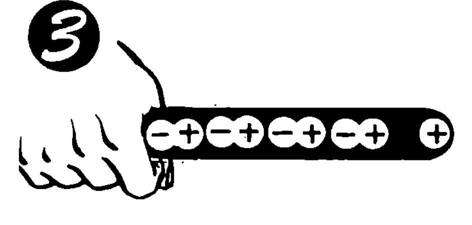


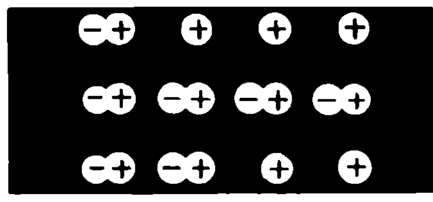


LES ÉLECTRONS SONT ATTIRÉS PAR LA CHARGE POSITIVE



LORSQUE LE BARREAU TOUCHE LA BARRE, DES ÉLECTRONS ENTRENT DANS LE BARREAU.





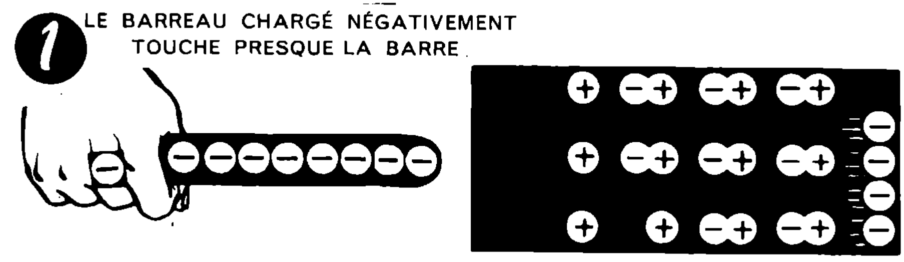
LA CHARGE POSITIVE DU BARREAU A DIMINUÉ

LA BARRE DE MÉTAL POSSÈDE MAINTENANT UNE CHARGE POSITIVE.

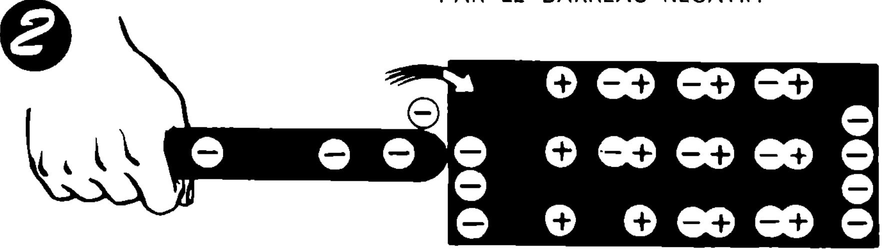
Si vous touchiez la barre électriquement neutre avec un barreau de charge négative, la barre deviendrait également négative. Au moment où le barreau négatif se rapproche de la barre neutre, les électrons qui se trouvent dans la partie de la barre la plus proche du barreau seraient repoussés. Ainsi, la partie de la barre la plus proche du barreau serait chargée positivement, tandis que la partie opposée serait chargée négativement. Lorsque le barreau touche à la barre, quelques-uns des électrons qui sont de trop dans le barreau vont aller neutraliser la charge positive dans la partie de la barre qui est en contact avec le barreau. L'autre partie de la barre conservera cependant sa charge négative.

Lorsqu'on enlève le barreau, la charge négative reste dans la barre, et le barreau, bien que toujours de charge négative, n'a plus qu'un petit nombre d'électrons de trop. Lorsqu'un objet qui porte une charge touche un objet électriquement neutre, il perd une partie de sa charge au profit de l'objet neutre jusqu'à ce que les deux objets aient la même quantité de charge.

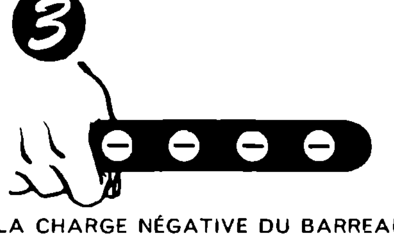
COMMENT ON PEUT DONNER À UNE BARRE UNE CHARGE NÉGATIVE



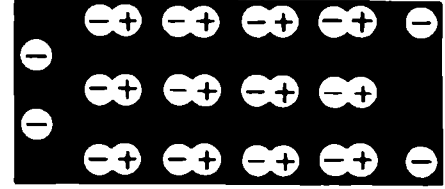
LES ÉLECTRONS DANS LA BARRE SONT REPOUSSÉS PAR LE BARREAU NÉGATIF.



LORSQUE LE BARREAU TOUCHE LA BARRE, LES ÉLECTRONS REJOIGNENT LES CHARGES POSITIVES.



LA CHARGE NÉGATIVE DU BARREAU A DIMINUÉ.

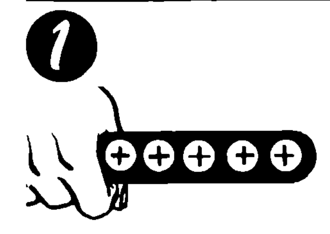
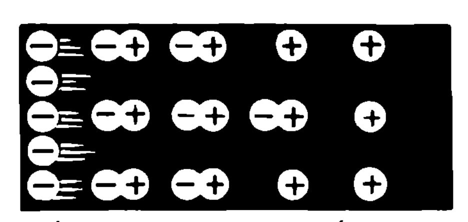


LA BARRE DE MÉTAL POSSÈDE MAINTENANT UN NOMBRE EXCESSIF D'ÉLECTRONS.

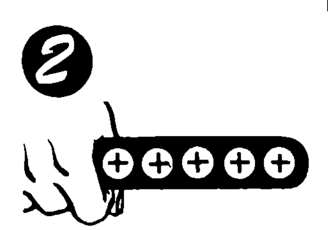
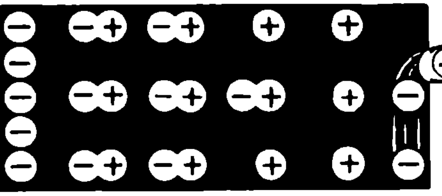
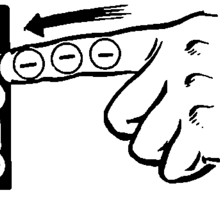
TRANSFERT DE CHARGES STATIQUES PAR INDUCTION

Vous avez vu ce qui se passait lorsque vous touchiez une barre métallique avec un barreau chargé positivement. Une partie de la charge du barreau est transférée et la barre devient, elle aussi, chargée. Supposez que, au lieu de toucher la barre avec le barreau, vous approchiez seulement le barreau de la barre. Dans ce cas, les électrons dans la barre seraient attirés vers le point le plus proche du barreau et, à ce point, la barre aurait une charge négative. L'autre côté de la barre manquerait de nouveau d'électrons et aurait donc une charge positive. Il existerait alors trois charges : la charge positive dans le barreau, la charge négative dans la barre, au point le plus proche du barreau, et une autre charge positive du côté opposé de la barre. En permettant à des électrons venant d'une source extérieure (par exemple, de votre doigt) d'entrer dans la barre, vous pourrez alors donner à celle-ci une charge négative.

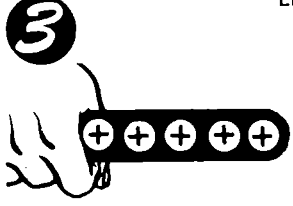
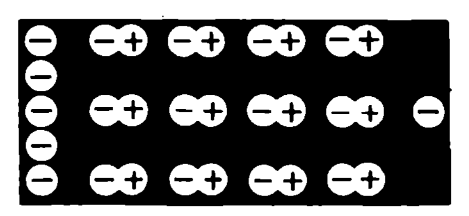
COMMENT ON PEUT DONNER À UNE BARRE UNE CHARGE NÉGATIVE

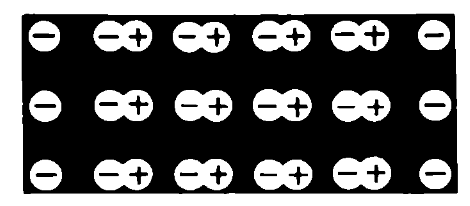
LES ÉLECTRONS SONT ATTIRÉS VERS LE POINT LE PLUS PROCHE DU BARREAU.

LES ÉLECTRONS PÉNÈTRENT DANS LA BARRE.

ON ENLÈVE LE DOIGT. LES CHARGES POSITIVES ET NÉGATIVES SONT PRESQUE NEUTRALISÉES.

ON ENLÈVE LE BARREAU, ET IL RESTE UN EXCÈS D'ÉLECTRONS.

Si le barreau, lorsqu'on l'approche de la barre, possède une charge négative, il induira une charge positive dans cette partie de la barre qui est la plus proche de lui. Les électrons sont repoussés de cette partie et se dirigent vers la partie opposée de la barre. La charge négative du barreau crée donc dans la barre deux charges dont l'une est positive et l'autre négative.

Lorsqu'on enlève le barreau, la barre reste électriquement neutre, car les électrons qui avaient été repoussés dans l'autre partie de la barre vont se remettre en place pour neutraliser la barre. Par contre, si, avant d'enlever le barreau, on procure aux électrons dans la partie négative de la barre un moyen de quitter la barre, c'est-à-dire un trajet, celle-ci va garder une charge positive lorsqu'on enlève le barreau.

COMMENT ON PEUT DONNER À UNE BARRE UNE CHARGE POSITIVE

1

LES ÉLECTRONS SONT REPOUSSÉS PAR LE BARREAU NÉGATIF.

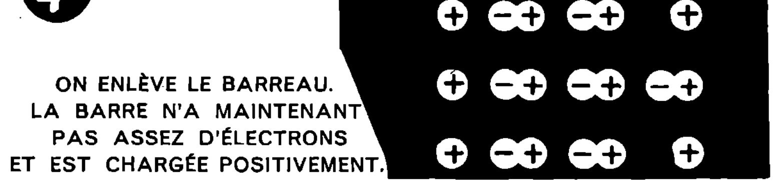
2

LES ÉLECTRONS QUITTENT LA BARRE PAR LE DOIGT.

3

ON ENLÈVE LE DOIGT, PLUSIEURS ÉLECTRONS ONT QUITTÉ LA PARTIE NÉGATIVE DE LA BARRE.

4

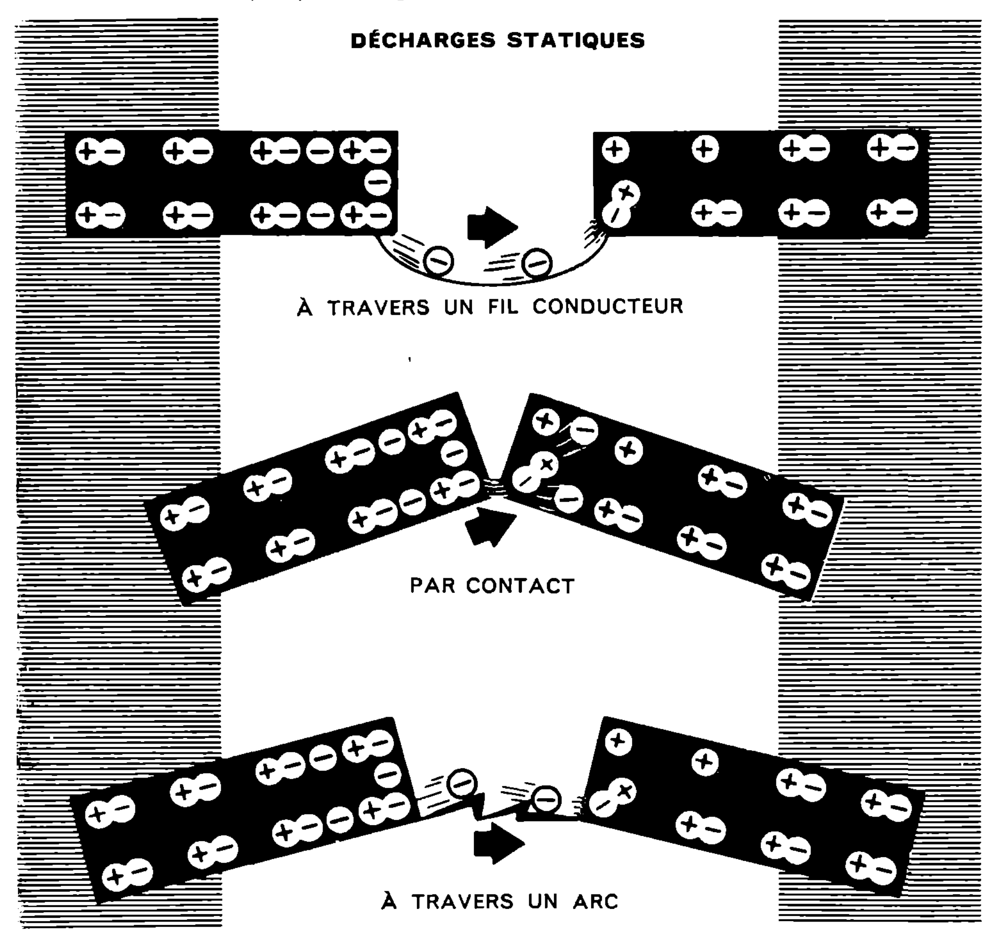


ON ENLÈVE LE BARREAU. LA BARRE N'A MAINTENANT PAS ASSEZ D'ÉLECTRONS ET EST CHARGÉE POSITIVEMENT.

Vous avez vu que des charges statiques pouvaient être provoquées soit par frottement et contact, soit par induction. Maintenant, vous allez apprendre comment un excès ou un manque d'électrons dans un objet chargé peut être neutralisé ou déchargé.

DÉCHARGE DE CHARGES STATIQUES

Chaque fois que deux objets portant des charges différentes sont placés l'un près de l'autre, l'excès d'électrons dans l'un des objets (de charge négative) sera attiré par l'autre (de charge positive). Si vous reliez les deux objets par un fil conducteur, vous procurez aux électrons de la charge négative un trajet par lequel ils peuvent passer vers la charge positive, d'où il résulte la neutralisation des deux charges. Au lieu de relier les deux objets par un fil conducteur, vous pouvez aussi établir un contact direct entre eux, ce qui ferait également disparaître les deux charges.



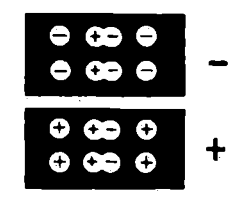
Si vous utilisez des objets ayant une très forte charge, les électrons peuvent sauter de la charge négative à la charge positive avant même que les objets ne soient mis en contact. En ce cas, vous voyez même la décharge sous la forme d'un arc. Si les charges sont extrêmement fortes, l'électricité statique peut même se décharger sur des distances de plusieurs mètres.

Les éclairs vous donnent un exemple de la décharge d'une électricité statique qui résulte d'une accumulation de charge statique dans le nuage, pendant que celui-ci se déplace dans l'air. Des charges statiques naturelles naissent partout où il existe un frottement entre les molécules d'air, par exemple dans les nuages ou, encore, dans les vents à grande altitude. Ces charges sont les plus fortes en climat sec et partout où l'humidité est très faible.

RÉCAPITULATION. FROTTEMENT ET CHARGES STATIQUES

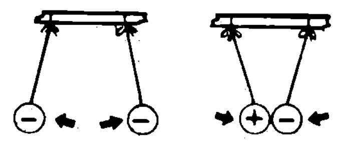
Vous avez vu comment le frottement pouvait être une source d'électricité, et vous avez participé à une expérience qui vous a montré comment on pouvait produire des charges statiques et quel était leur effet sur des objets chargés ou non chargés. Vous avez également vu qu'on pouvait transmettre des charges statiques, soit par contact, soit par induction. Vous avez appris quelques exemples de charge statique naturelle.

Avant d'étudier les autres sources d'électricité, récapitulez ce que vous venez d'apprendre.



1. CHARGE NÉGATIVE — La charge négative est un excès d'électrons.

2. CHARGE POSITIVE — La charge positive est un manque d'électrons.



3. RÉPULSION DE DEUX CHARGES — Deux charges de mêmes signes se repoussent.

4. ATTRACTION DE DEUX CHARGES — Deux charges de signes contraires s'attirent.

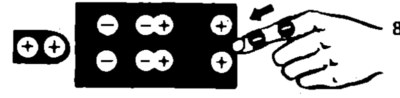


5. ÉLECTRICITÉ STATIQUE — L'électricité statique consiste en des charges qui se trouvent au repos.

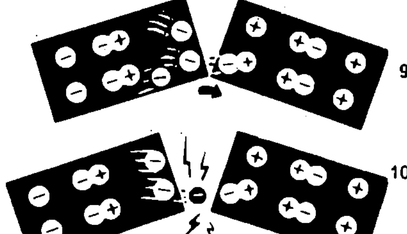
6. CHARGE PAR FROTTEMENT — La charge par frottement est une charge provoquée par le frottement d'un objet contre un autre.



7. CHARGE PAR CONTACT — La charge par contact est le transfert d'une charge d'un objet à un autre par contact direct.



8. CHARGE PAR INDUCTION — La charge par induction est le transfert d'une charge d'un objet à un autre sans contact direct.



9. DÉCHARGE PAR CONTACT — La décharge par contact est le passage d'électrons d'une charge négative à une charge positive par contact direct.

10. DÉCHARGE PAR ARC — La décharge par arc est le passage d'électrons d'une charge négative à une charge positive par le moyen d'un arc.

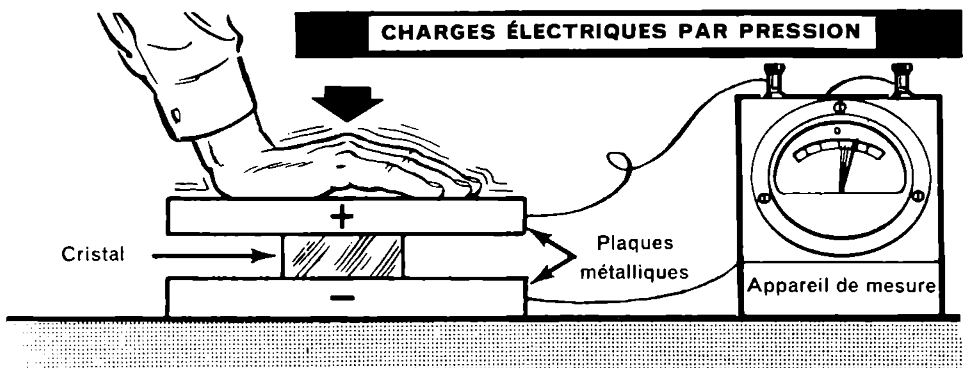
Ayant ainsi terminé votre récapitulation des notions de frottement et de charges statiques, vous pouvez maintenant étudier la deuxième source d'électricité, la **pression**.

COMMENT LA PRESSION PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ

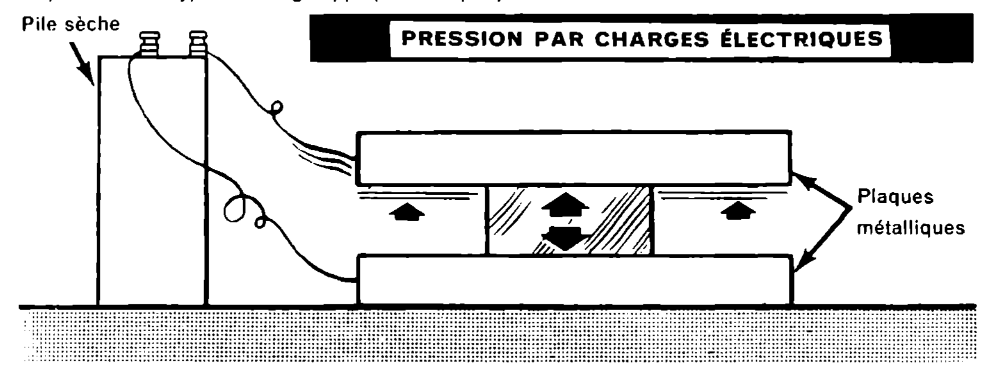
CHARGES ÉLECTRIQUES PAR PRESSION

Lorsque vous parlez devant un téléphone ou devant un autre type de microphone, l'énergie acoustique produit des ondes de pression qui font bouger une membrane. Dans certains cas, cette membrane fait passer un enroulement de fil conducteur par un champ magnétique et produit ainsi de l'énergie électrique, qui est transmise à un récepteur par le moyen de fils conducteurs. Certains microphones utilisés dans des systèmes de sonorisation extérieure ainsi que des émetteurs de radio fonctionnent selon ce principe. Par contre, d'autres microphones transforment les ondes de pression directement en énergie électrique.

Les cristaux de certaines matières développent des charges électriques lorsqu'ils sont soumis à la pression. Le quartz, la tourmaline et les sels de Rochelle (U.S.A.) comptent parmi les matières qui, soumises à la pression, produisent de l'énergie électrique. Lorsqu'un cristal de l'une de ces matières est placé entre deux plaques de métal et que l'on exerce une pression sur ces plaques, il en résulte une charge électrique. L'importance de la charge produite entre les plaques dépend de la pression exercée sur ces dernières.



Le cristal peut aussi servir à tranformer de l'énergie électrique en énergie mécanique, car si l'on donne aux plaques métalliques une charge électrique, le cristal va se dilater ou se contracter suivant la quantité et le type de charge appliqués aux plaques.



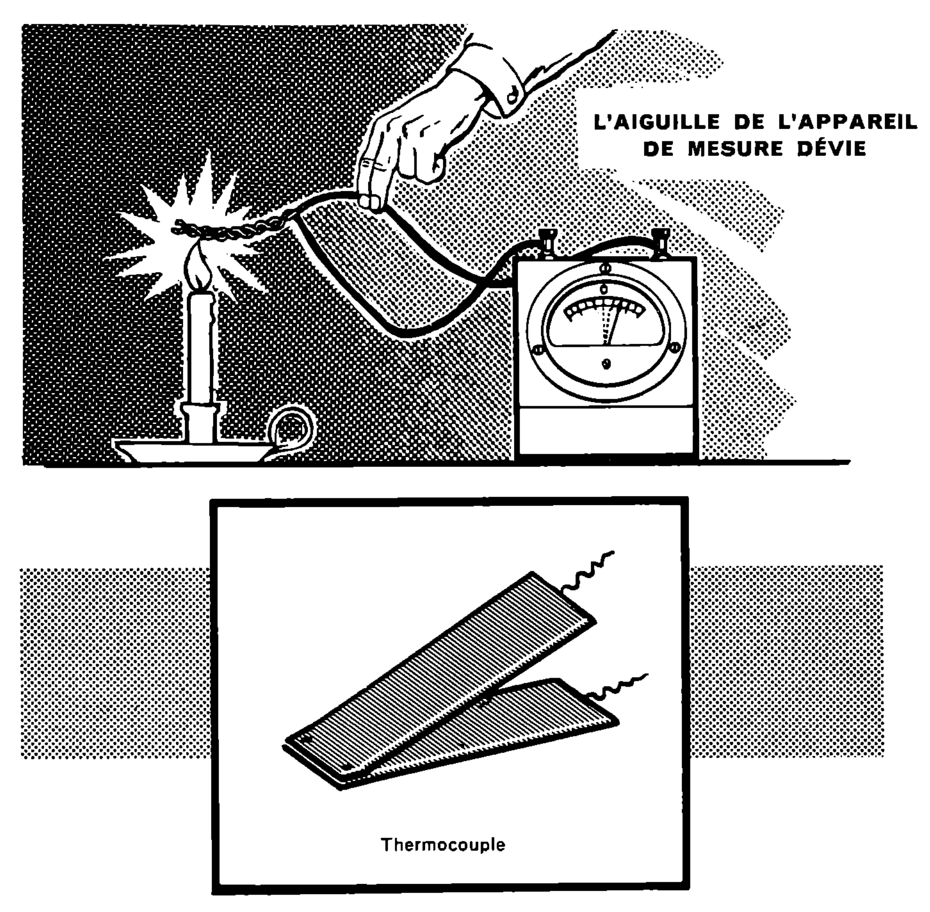
Dans la pratique, la pression ne sert de source d'énergie électrique que dans les cas où l'électricité qu'on veut en obtenir est assez faible. Cependant, ces cas sont très nombreux. Dans les microphones piézoélectriques, les casques téléphoniques piézoélectriques et les pick-up piézoélectriques ainsi que dans les équipements ultrasoniques, des cristaux sont utilisés pour obtenir des charges électriques à partir de la pression.

COMMENT LA CHALEUR PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ

CHARGES ÉLECTRIQUES PRODUITES PAR LA CHALEUR

Une autre méthode pour obtenir de l'électricité consiste à transformer de la chaleur directement en énergie électrique, en chauffant deux métaux différents torsadés. Par exemple, si un fil de fer et un fil de cuivre sont torsadés, comme vous le voyez ci-dessous, et que l'on chauffe cette torsade, il en résulte une charge électrique. L'importance de cette charge dépend de la différence de température qui existe entre la torsade et les extrémités opposées des deux fils. Plus la différence de température est grande, plus la charge qui en résulte est grande.

Une torsade de ce type est appelée couple thermoélectrique ou thermocouple. Ce thermocouple produit de l'électricité tant qu'on lui applique de la chaleur. Il peut se composer simplement de deux fils torsadés, mais les thermocouples plus efficaces se composent généralement de deux pièces de métaux différents rivetées ou soudées.



Thermocouple

Mais les thermocouples ne fournissent pas de charges importantes et ne peuvent, par conséquent être utilisés pour obtenir de la puissance électrique. Ils sont généralement utilisés en combinaison avec des dispositifs destinés à mesurer la chaleur et qui actionnent un appareil de mesure directement calibré en degrés de température.

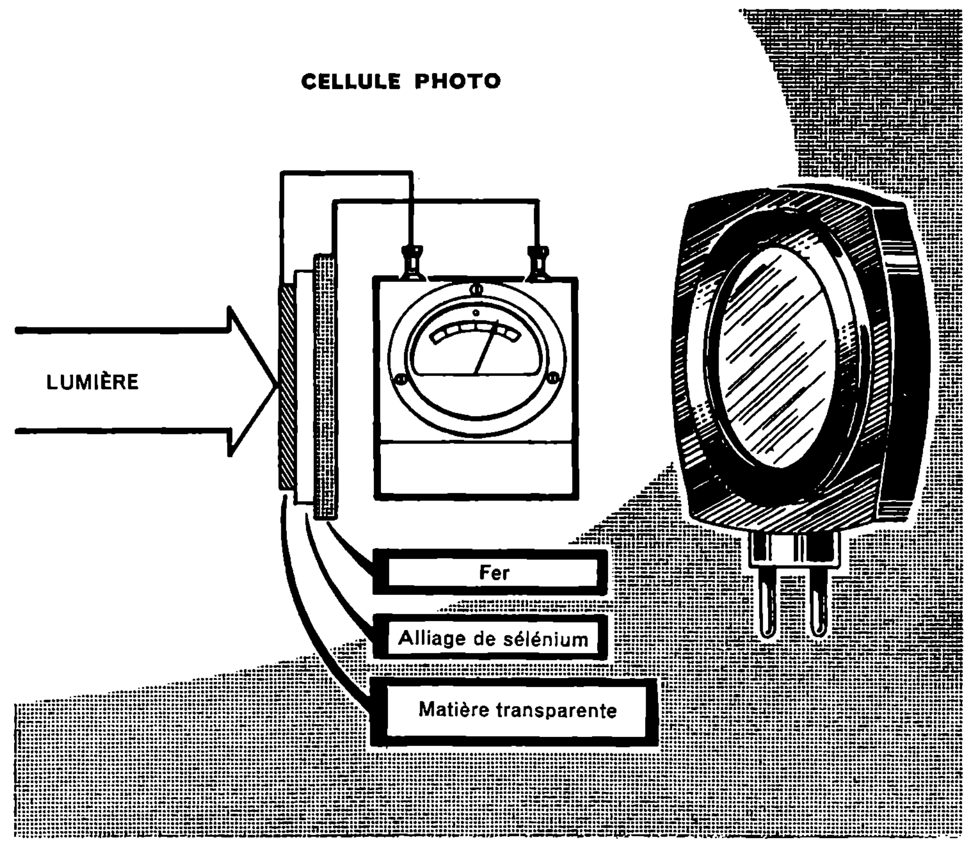
COMMENT LA LUMIÈRE PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ

CHARGES ÉLECTRIQUES PRODUITES PAR LA LUMIÈRE - EFFETS PHOTOVOLTAÏQUES

On peut aussi produire de l'électricité à partir de la lumière en transformant celle-ci en énergie électrique. Certaines matières, lorsqu'elles sont exposées à la lumière, développent une charge électrique, ou bien elles conduisent plus facilement les charges, émettent des électrons libres ou transforment la lumière en chaleur.

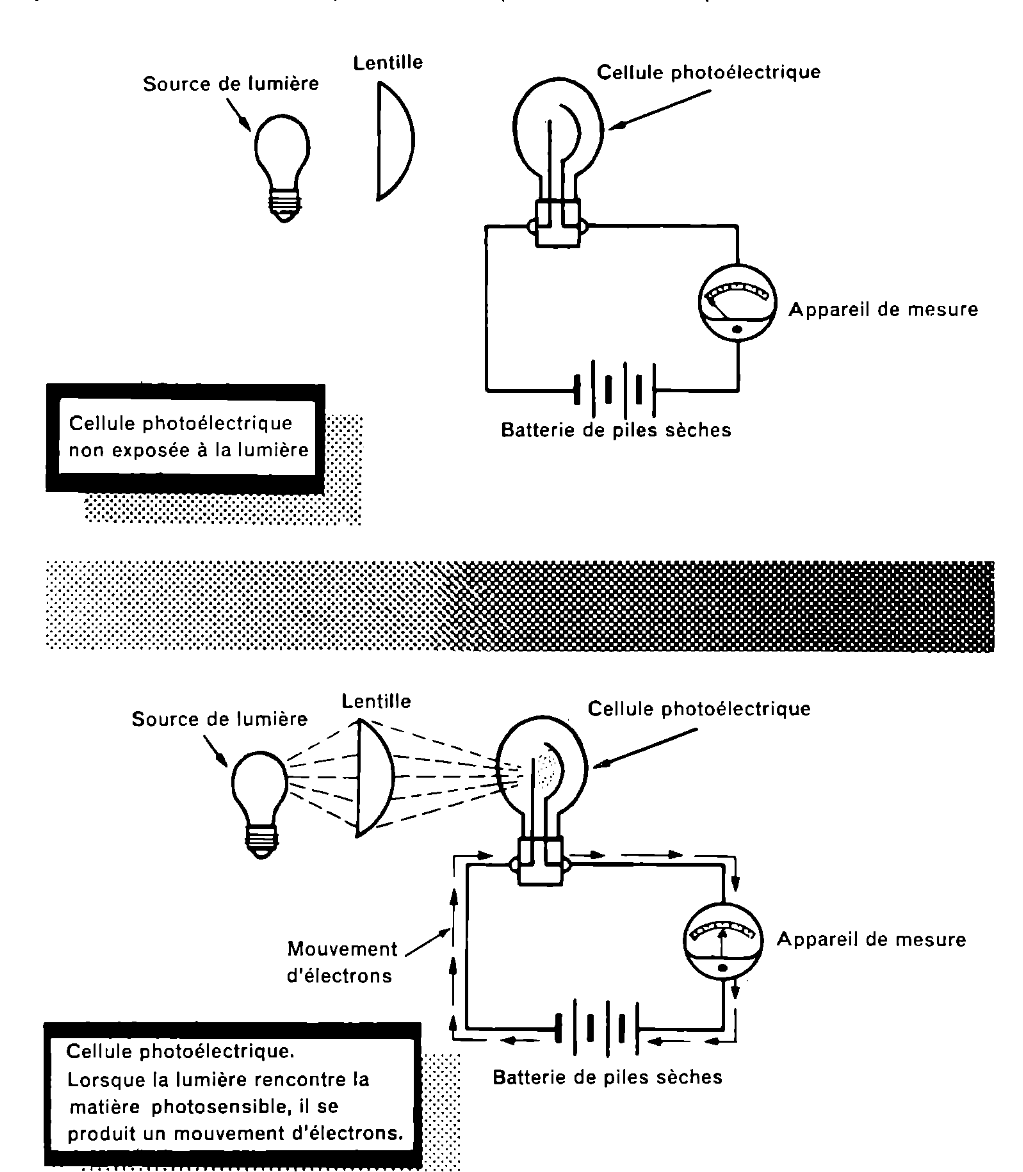
Le plus utile de tous ces effets est le développement d'une charge électrique tel qu'on l'obtient avec une cellule photo ou phototube, lorsque la matière photosensible qu'elle contient est exposée à la lumière.

Une cellule photo est un « sandwich » métallique ou une plaque qui se compose de trois couches, chacune d'une matière différente. Les couches extérieures sont, l'une en fer et l'autre en une matière transparente ou semi-transparente qui laisse passer la lumière. La couche du milieu est constituée par un alliage de sélénium. Les deux couches extérieures agissent comme des électrodes. Lorsque la lumière est concentrée sur la couche en alliage de sélénium à travers la matière transparente, il se constitue une charge électrique entre les deux couches extérieures. Si l'on branche un appareil de mesure entre ces deux couches, on peut mesurer cette charge. Ce type de cellule trouve une application courante dans le luxmètre qu'on emploie en photographie pour mesurer la quantité de lumière.



CHARGES ÉLECTRIQUES PRODUITES PAR LA LUMIÈRE. CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE OU TUBE PHOTOÉLECTRIQUE.

La cellule photoélectrique fonctionne selon le même principe que celui que vous venez d'étudier, sauf que son fonctionnement et son action de détecter les changements d'intensité de la lumière dépendent d'une batterie ou d'une autre source électrique. La cellule photoélectrique est très utilisée, entre autres dans les gradateurs automatiques de phares d'automobile, dans les appareils de projection de films et dans les dispositifs automatiques d'ouverture des portes.



COMMENT L'ACTION CHIMIQUE PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ — PILES

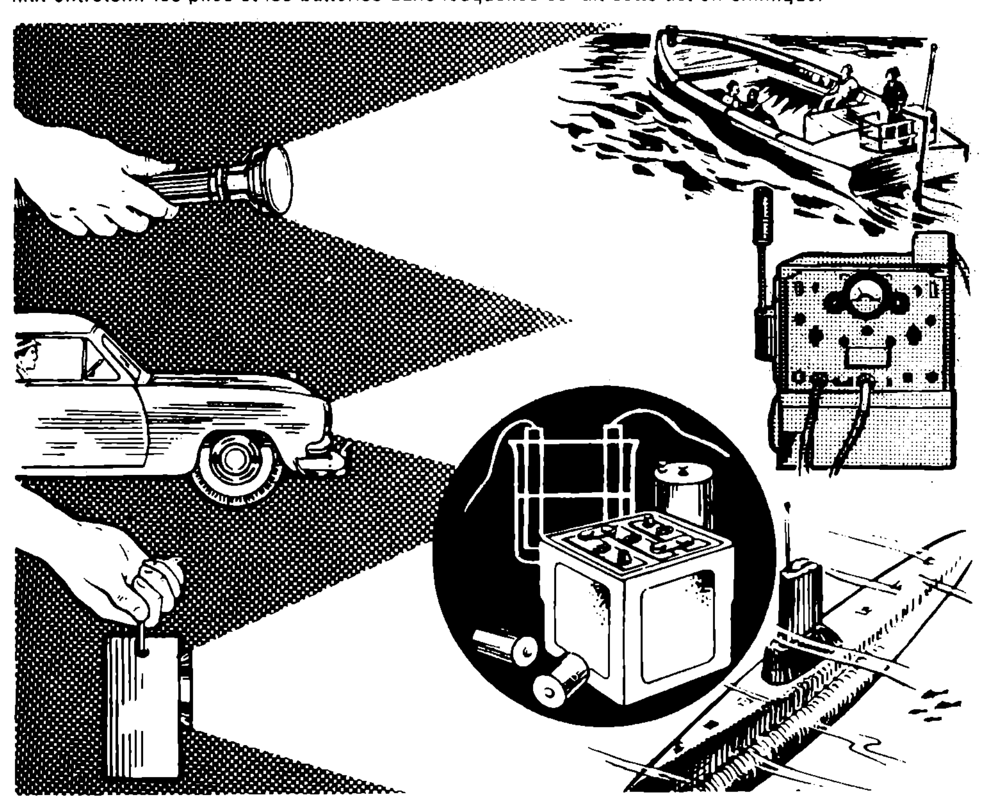
ÉLECTRICITÉ PRODUITE PAR ACTION CHIMIQUE

Jusqu'ici, vous avez appris ce que c'est que l'électricité et vous avez étudié quelques-unes des sources qu'on peut utiliser pour produire de l'électricité. Une autre source d'énergie électrique, qui est couramment utilisée, est l'action chimique des piles électriques et des batteries.

Les batteries sont généralement utilisées dans l'éclairage de secours et dans les sources lumineuses portatives. Chaque fois que vous vous servez d'une lampe de secours ou de sources lumineuses portatives, vous utilisez des batteries. Les batteries représentent également la principale source lumineuse dans les sous-marins modernes. De plus, il existe un grand nombre d'appareils qui utilisent des piles ou des batteries, soit comme source d'alimentation normale, soit comme source d'alimentation de secours. Des batteries épuisées sont très souvent à l'origine de très sérieux défauts de fonctionnement.

Les piles et les batteries demandent plus de précautions et d'entretien que la plupart des autres appareils dont vous aurez à vous servir. Même si vous utilisez peu de piles ou de batteries, vous avez intérêt à savoir comment elles fonctionnent, dans quels cas on s'en sert et comment il faut les entretenir, car ces connaissances vous permettront de gagner du temps et, souvent, elles vous éviteront beaucoup de travail.

Vous allez maintenant apprendre comment l'action chimique produit de l'électricité et comment il faut entretenir les piles et les batteries dans lesquelles se fait cette action chimique.



PILE — DÉFINITION

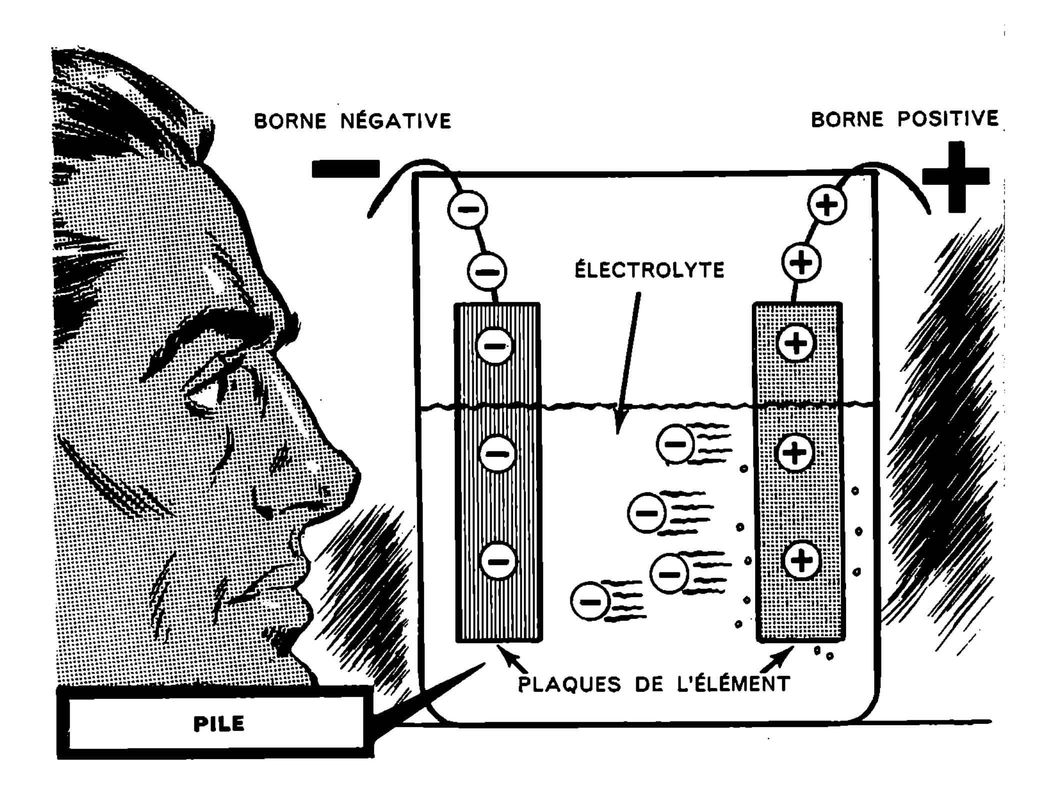
Pour comprendre l'action chimique dans les batteries, imaginez que vous puissiez voir les électrons et leurs réactions dans une pile. Un élément électrique est à la source de l'énergie électrique produite par action chimique et, lorsque deux éléments ou plus sont combinés, ils forment une batterie.

Si vous pouviez observer le fonctionnement d'un de ces éléments, que verriez-vous?

Vous verriez d'abord les parties de cet élément et la relation qui existe entre elles. Vous verriez une boîte ou un récipient rempli(e) d'un liquide dans lequel sont suspendues deux plaques de métaux différents. Ces plaques sont séparées l'une de l'autre.

Si vous pouviez ainsi voir les parties de l'élément et le mouvement des électrons, vous constateriez que le liquide, que l'on appelle électrolyte, pousse les électrons d'une plaque vers l'autre. Il en résulte un excès d'électrons, c'est-à-dire une charge négative, sur l'une des plaques, et un manque d'électrons ou une charge positive sur l'autre plaque. C'est pourquoi le fil qui se trouve attaché à la plaque de charge négative est appelé borne négative, tandis que le fil attaché à la plaque de charge positive est appelé borne positive.

Cette action de l'électrolyte, qui consiste à transporter des électrons d'une plaque à l'autre, est effectivement une réaction chimique entre l'électrolyte et les deux plaques. Cette action transforme de l'énergie chimique en énergie électrique sur les plaques et aux bornes négative et positive.



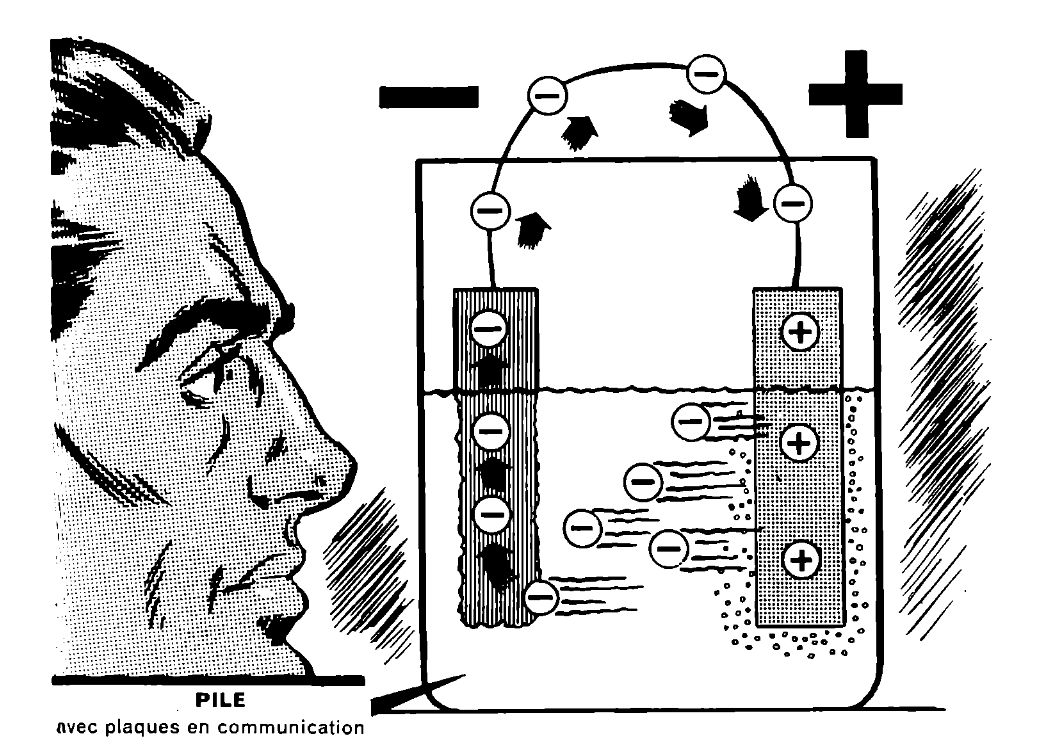
L'ACTION CHIMIQUE DANS UNE PILE

Aucun appareil n'étant branché aux bornes de la pile, vous verriez des électrons s'accumuler sur la plaque négative jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de place. L'électrolyte enlèverait de la plaque positive autant d'électrons qu'il aurait transportés vers la plaque négative. Ainsi, les deux plaques se trouveraient entièrement chargées, et le mouvement d'électrons s'arrêterait.

Supposez maintenant que vous reliez les bornes positive et négative de la pile par un fil conducteur. Vous verriez alors les électrons quitter la borne négative pour rejoindre la borne positive en traversant le conducteur. Puisque, à ce moment, il y aurait à nouveau de la place sur la borne négative, l'électrolyte recommencerait à transporter des électrons de la plaque positive à la plaque négative. Tant que des électrons continueraient à quitter la borne négative pour rejoindre la borne positive par le moyen du conducteur, l'électrolyte continuerait, à l'intérieur de la pile, à transporter des électrons de la plaque positive à la plaque négative.

Pendant que l'électrolyte transporterait ainsi des électrons d'une plaque à l'autre, vous constateriez des signes d'usure à la plaque négative et des bulles de gaz à la borne positive. L'action chimique pourrait même complètement dissoudre la plaque négative dans l'électrolyte, et la pile serait alors « morte » ou épuisée et ne pourrait plus fournir de charge électrique avant qu'on n'ait remplacé la plaque négative. C'est pourquoi on appelle aussi la pile « élément primaire », car lorsqu'elle est complètement déchargée, on ne peut plus la recharger sauf si l'on remplace les parties usées.

Pour les plaques, on utilise, soit du charbon, soit un métal quelconque, car la plupart des métaux peuvent remplir cette fonction. Pour l'électrolyte, on emploie des acides ou des composés de sels. Les piles sèches qu'on utilise dans les flashes et dans les torches, sont de tels « éléments primaires ».



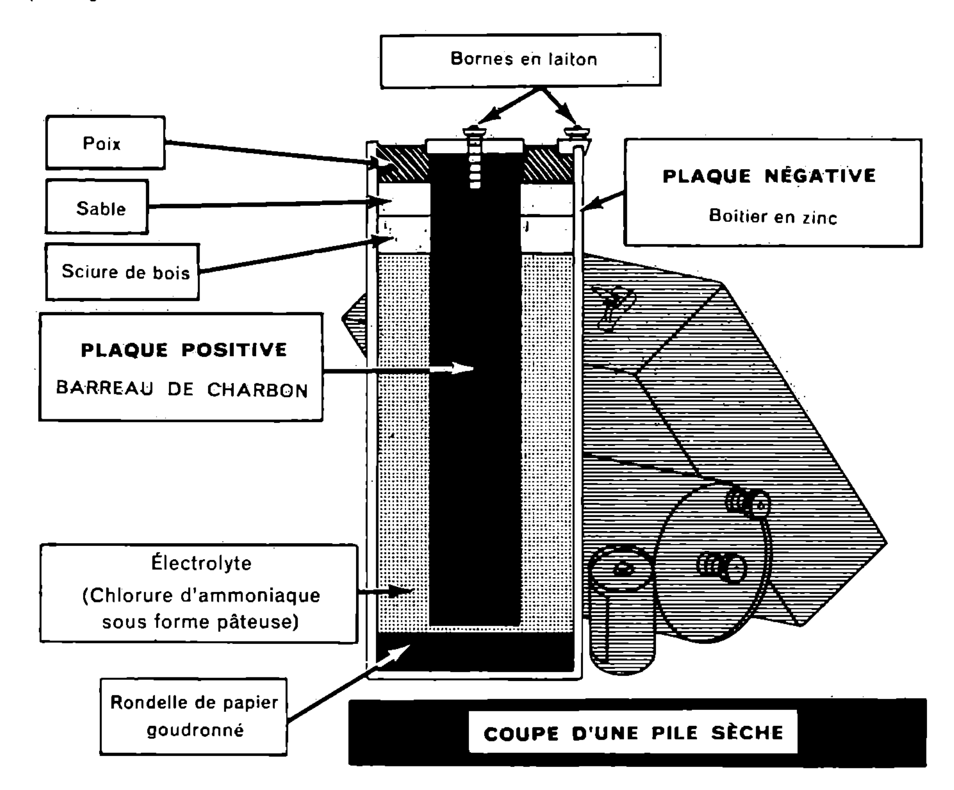
PILE
avec plaques en communication

PILES ET BATTERIES

Presque tous les métaux, acides et sels peuvent être utilisés dans les piles. Il existe un grand nombre de piles différentes qui sont utilisées dans les laboratoires et affectées à des usages spéciaux, mais la pile que vous avez déjà utilisée et que vous utiliserez le plus couramment est la pile sèche. Vous vous servirez de piles sèches de différentes tailles et formes et de différents poids, depuis celle utilisée dans les flashes à peine plus grande qu'un stylo jusqu'aux plus grandes utilisées pour l'éclairage de secours. Quelle que soit leur taille, les matières utilisées et le principe de fonctionnement sont les mêmes pour toutes les piles sèches.

Si vous regardiez à l'intérieur d'une pile sèche, vous constateriez qu'elle se compose d'un boîtier en zinc qui est utilisé comme plaque négative, d'un barreau de charbon suspendu au milieu de ce boîtier et qui sert de plaque positive, et d'une solution de chlorure d'ammoniaque sous une forme pâteuse, qui constitue l'électrolyte. Au fond du boîtier en zinc, vous verriez une rondelle de papier goudronné qui empêche le barreau de charbon de toucher au boîtier de zinc. La partie supérieure de ce boîtier contiendrait des couches de sciure de bois, de poix et de sable. Ces couches maintiennent le barreau dans sa position et empêchent des fuites d'électrolyte.

Lorsqu'une pile sèche fournit de l'électricité, le boîtier en zinc et l'électrolyte s'usent progressivement. Lorsque la partie du zinc qui est susceptible d'être ainsi usée et l'électrolyte sont réduits à rien, la pile ne peut plus fournir d'électricité, et il faut alors la remplacer. Ce type de piles peut être stocké pendant un certain temps, grâce au fait qu'elles sont cachetées, sans subir de détérioration. Lorsque plusieurs piles sèches sont combinées, elles forment ce qu'on appelle une batterie sèche. Les piles sèches ne peuvent fournir de grandes quantités d'électricité, ce qui explique pourquoi vous en trouverez seulement à des endroits où elles sont rarement utilisées ou servent à des fins de dépannage.



COUPE D'UNE PILE SÈCHE

COMMENT L'ACTION CHIMIQUE PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ — ÉLÉMENTS D'ACCUMULATEUR

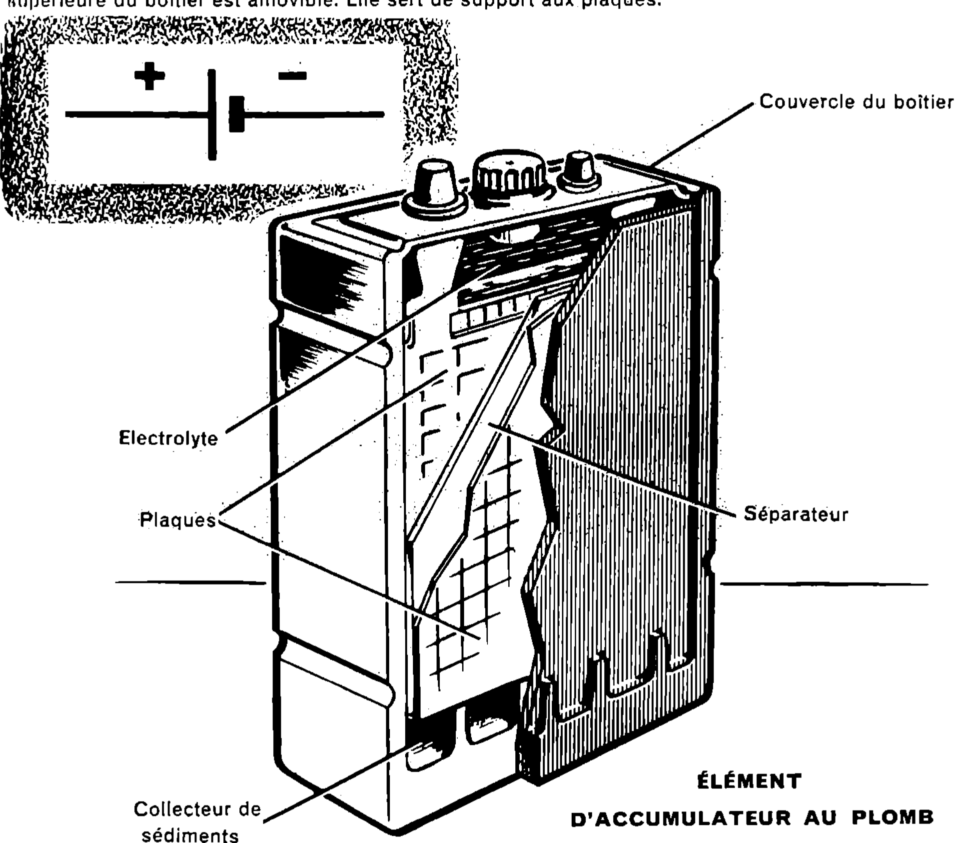
ÉLÉMENTS D'ACCUMULATEUR. DÉFINITION

En étudiant les piles, vous avez appris que l'action chimique était couramment utilisée comme source d'électricité pour les appareils portatifs et l'éclairage de secours. Cependant, les piles ne fournissent que de petites quantités d'électricité et ne peuvent être rechargées.

Un accumulateur qui se compose d'éléments secondaires, a l'avantage de pouvoir fournir, pendant des périodes de temps limitées, de grandes quantités d'énergie électrique, et de pouvoir être rechargé. Ce type de batterie exige davantage de précautions et d'entretien, mais il est couramment employé dans les appareils qui nécessitent, pendant un temps limité, de grandes quantités d'énergie électrique.

Les éléments secondaires utilisés dans les accumulateurs sont des éléments d'accumulateur au plomb. Dans ces éléments, l'électrolyte est constitué par de l'acide sulfurique, tandis que la plaque positive est en peroxyde de plomb et la plaque négative, en plomb. Pendant la décharge de la batterie, le degré d'acidité diminue et les deux plaques sont chimiquement transformées en sulfate de plomb.

Le boîtier d'un élément d'accumulateur au plomb est construit en ébonite ou en verre, ce qui évite à la fois la corrosion et les fuites d'acide. Au fond de l'élément se trouve un espace vide destiné à recevoir les sédiments qui viennent s'y déposer au fur et à mesure que l'élément s'use. La partie supérieure du boîtier est amovible. Elle sert de support aux plaques.

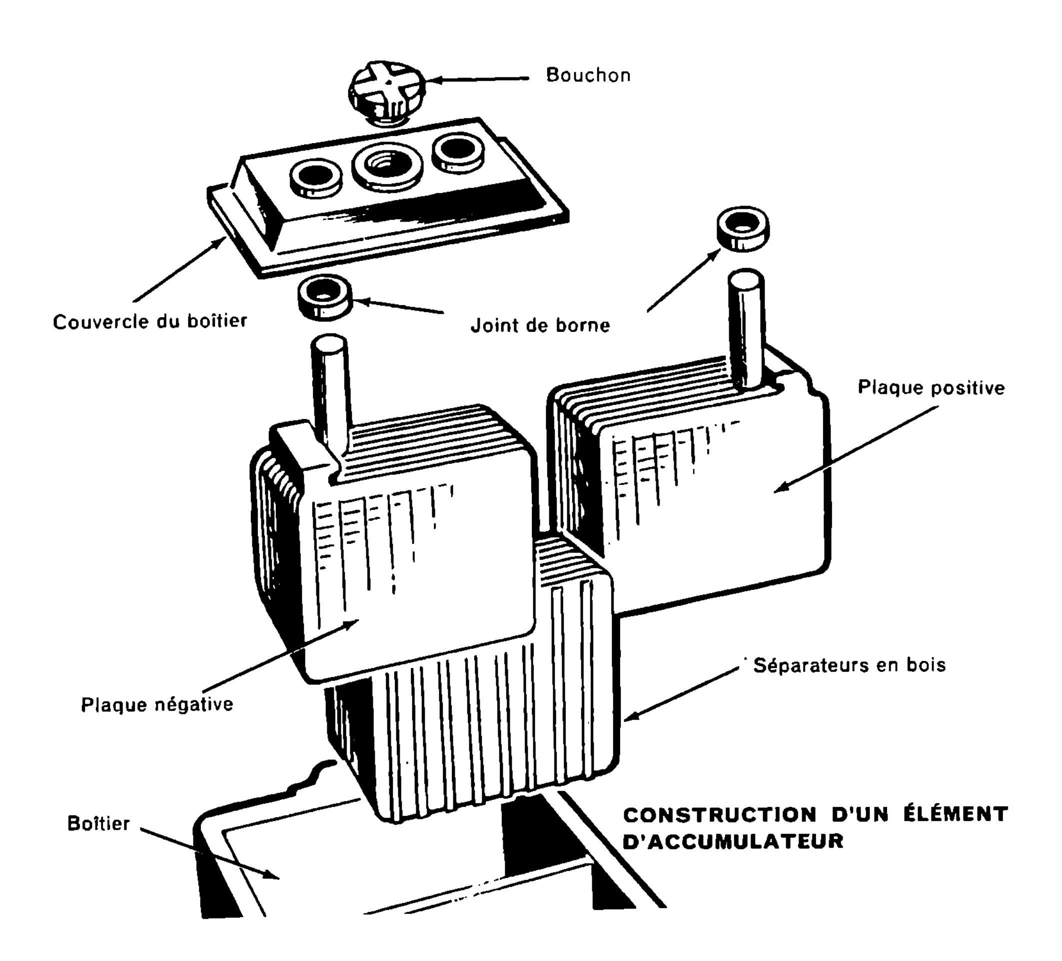


ÉLÉMENT D'ACCUMULATEUR AU PLOMB

Puisque les matières actives ne sont pas suffisamment rigides pour pouvoir être montées indépendamment, on utilise une grille en métal inactif qui sert de support aux matières actives. Pour que l'action chimique soit la plus forte possible, il est souhaitable d'avoir le maximum de surface de plaques. C'est pourquoi chaque plaque positive est placée entre deux plaques négatives. Dans un élément d'accumulateur typique, vous pourrez ainsi trouver jusqu'à sept plaques positives attachées à un support commun et intercalées avec huit plaques négatives qui sont attachées à un autre support. Des séparateurs en bois ou en verre poreux séparent les plaques positives des plaques négatives, mais laissent passer l'électrolyte.

Les plaques positives et négatives sont attachées au couvercle du boîtier qui est maintenu en place par un goudron inattaquable par l'acide. Par une ouverture dans le couvercle, on peut ajouter de l'eau pour remplacer celle qui s'évapore. Le culot qui sert à fermer cette ouverture a lui-même une petite ouverture pour laisser passer le gaz qui se forme à la plaque positive lorsque l'élément d'accumulateur est en fonctionnement.

Puisque ces éléments d'accumulateur fournissent de plus grandes quantités d'électricité, ils nécessitent des bornes et des conducteurs plus importants. C'est pourquoi les bornes et les connexions sont constituées par des barres de plomb. D'autres métaux seraient vite corrodés par l'acide qui forme l'électrolyte.



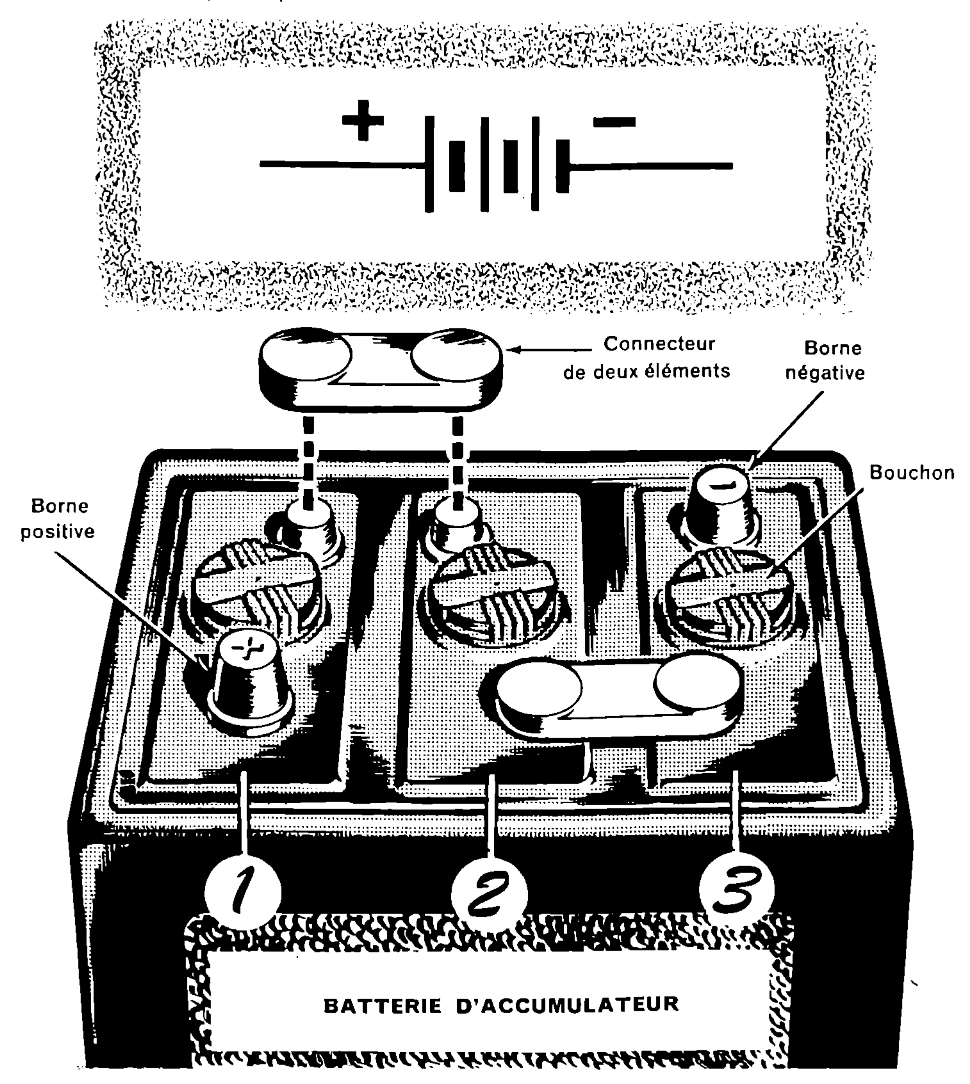
CONSTRUCTION D'UN ÉLÉMENT D'ACCUMULATEUR

ACCUMULATEURS

Lorsque deux éléments secondaires ou plus sont montés ensemble, ils forment une batterie. Cette batterie conserve de l'énergie électrique et peut être rechargée lorsqu'elle est épuisée.

Beaucoup d'accumulateurs se composent de trois éléments au plomb montés en série et placés dans un boîtier commun. Puisque chacun de ces éléments est calibré pour 2 volts environ, le montage en série des trois éléments donne une tension de 6 volts environ.

Le symbole utilisé pour représenter un accumulateur est le même que celui qu'on utilise pour représenter une pile, sauf que le symbole représentant un accumulateur montre trois piles montées en série. Des accumulateurs et des éléments secondaires ne sont jamais montés en parallèle, parce qu'un élément plus faible provoquerait la décharge d'un élément plus fort et diminuerait ainsi le potentiel de la batterie, sans que celle-ci ait été utilisée.



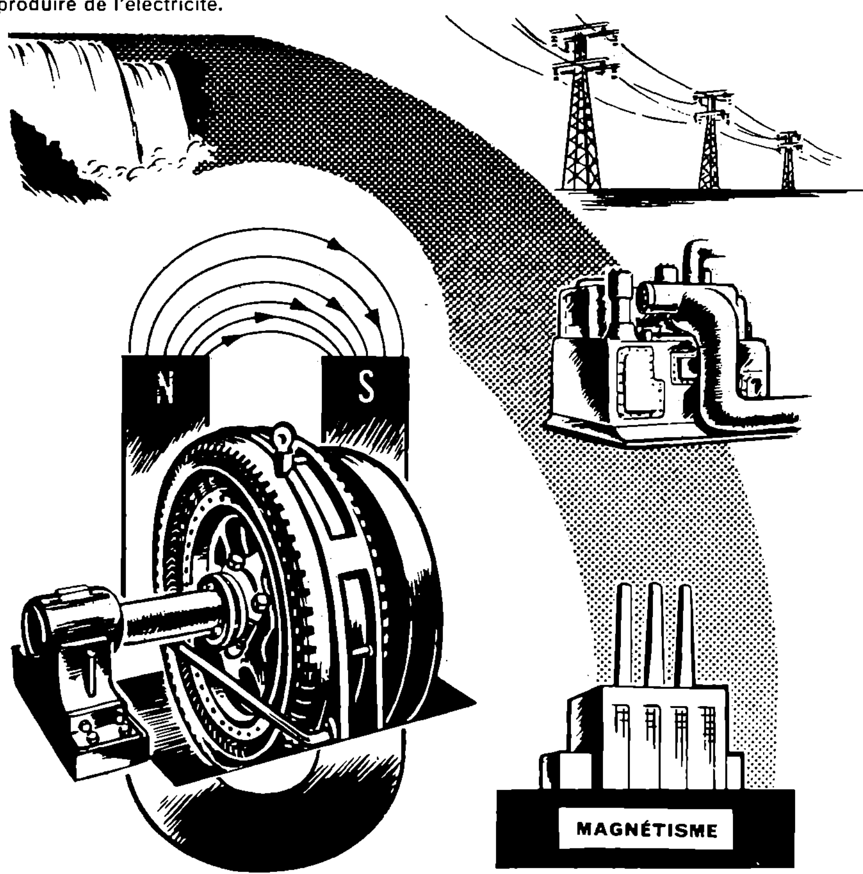
COMMENT LE MAGNÉTISME PRODUIT DE L'ÉLECTRICITÉ

ÉNERGIE ÉLECTRIQUE PRODUITE PAR MAGNÉTISME

La méthode la plus couramment employée pour produire de l'énergie électrique consiste à utiliser le magnétisme. La source d'électricité doit être capable de maintenir une charge importante, parce que cette charge doit servir à produire de l'énergie électrique. Si le frottement, la pression, la chaleur et la lumière sont bien des sources d'électricité vous avez vu aussi que leurs possibilités d'application étaient assez limitées, puisqu'ils n'étaient pas capables de maintenir une charge suffisamment grande pour fournir de l'énergie électrique.

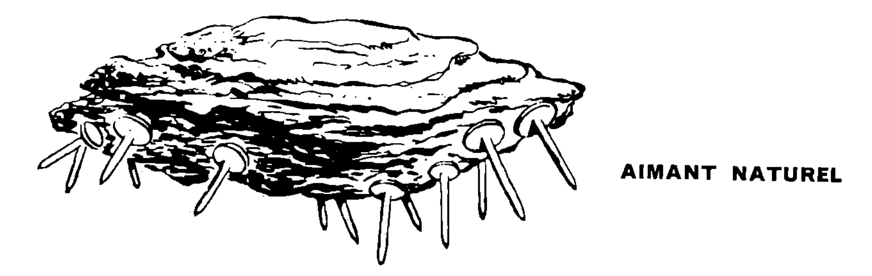
Toute l'énergie électrique que nous utilisons, sauf celle qui est utilisée dans les appareils portatifs et l'éclairage de secours, provient de génératrices qui se trouvent dans les centrales d'électricité. Ces génératrices peuvent être propulsées par de la puissance hydraulique, par une turbine à vapeur ou par des machines à combustion interne. Quel que soit le moyen par lequel une génératrice est propulsée, l'énergie électrique qu'elle produit est toujours le résultat de l'action des fils conducteurs et des aimants à l'intérieur de la génératrice.

Lorsque des fils conducteurs passent devant un aimant, ou qu'un aimant passe devant des fils conducteurs, il en résulte une énergie électrique dans les fils, qui est due aux propriétés magnétiques de l'aimant. Vous allez maintenant apprendre ce qu'est le magnétisme et comment il peut être utilisé pour produire de l'électricité.



MAGNÉTISME. DÉFINITION

Dans l'Antiquité, les Grecs découvrirent qu'une certaine roche, trouvée pour la première fois près de la ville de Magnésia en Asie Mineure, avait le pouvoir d'attirer des morceaux de fer. Cette roche était en effet un minerai de fer qu'on appelle aujourd'hui « magnétite », et son pouvoir d'attraction est appelé « magnétisme ». Les roches qui contiennent des minerais possédant ce pouvoir d'attraction sont appelées aimants naturels.



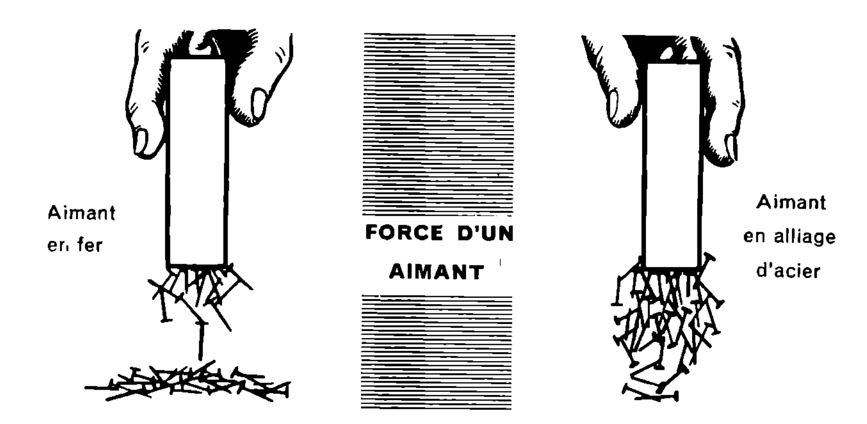
AIMANT NATUREL

Les aimants naturels étaient très peu utilisés jusqu'à ce qu'on découvrît que, lorsqu'un aimant était suspendu de façon à pouvoir tourner librement, il prenait toujours une position telle que l'un de ses côtés pointait vers le Nord. Des morceaux de magnétite suspendus à une ficelle furent alors appelés « pierre-guide ». Les Chinois s'en servaient, il y a plus de deux mille ans, pour des voyages à travers le désert, et plus tard, les navigateurs utilisèrent des aimants naturels comme boussoles pendant leurs voyages d'exploration.

La terre est elle-même un immense aimant naturel, et le fait que les aimants naturels se tournent vers le Nord s'explique par le magnétisme ou force d'attraction de la Terre.

ANCIENNES BOUSSOLES

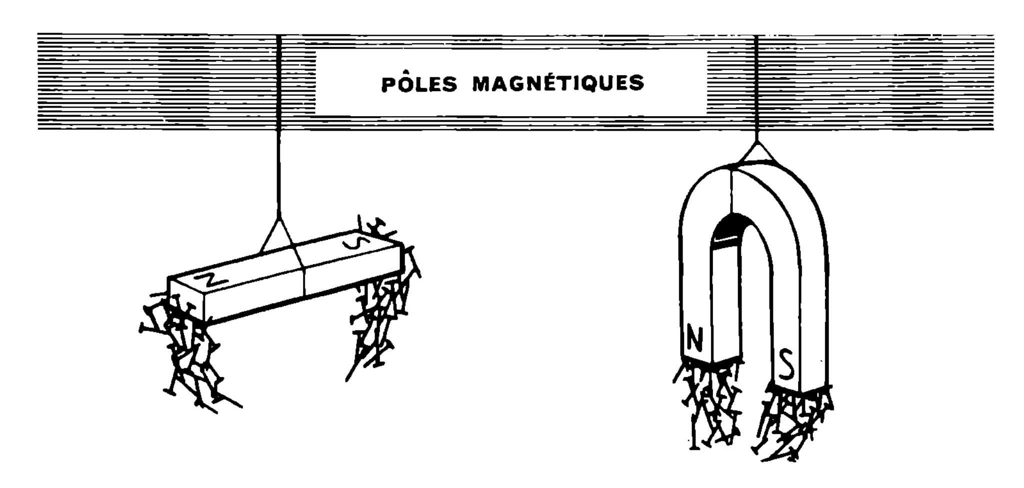
A l'usage, on s'aperçut qu'un morceau de fer frotté contre un aimant naturel acquiert des propriétés magnétiques et devient alors un aimant artificiel. On peut aussi obtenir des aimants artificiels à l'aide de l'électricité et, en se servant de matières autres que le fer, on peut constituer des aimants plus forts que les aimants naturels. Par exemple, on utilise couramment des alliages d'acier contenant du nickel et du cobalt pour obtenir des aimants très forts.



Le fer prend facilement des propriétés magnétiques, mais il les perd aussi facilement. C'est pourquoi on appelle les aimants de fer doux : « aimants temporaires ». Par contre, les aimants en alliage d'acier conservent leurs propriétés magnétiques pendant longtemps. C'est pourquoi on les appelle « aimants permanents ».

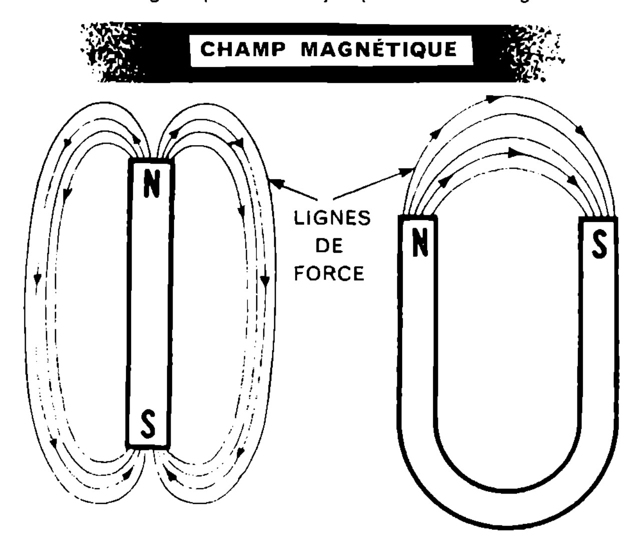
Le magnétisme d'un aimant est concentré en deux points qui se trouvent normalement aux extrémités de l'aimant. Ces points sont appelés « pôles ». On a ainsi un « pôle nord » et un « pôle sud ». Le pôle nord se trouve à l'extrémité de l'aimant qui pointerait vers le Nord si l'aimant pouvait librement tourner, et le pôle sud se trouve à l'autre extrémité.

Les aimants artificiels sont construits sous différentes formes, tailles et forces. Les aimants permanents se composent normalement d'une barre en alliage d'acier. Cette barre peut être droite, et les pôles se trouvent alors aux extrémités de la barre. Ou bien elle a la forme d'un fer à cheval, et les pôles se trouvent alors aux deux côtés qui forment l'ouverture de ce fer à cheval.

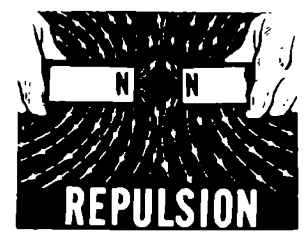


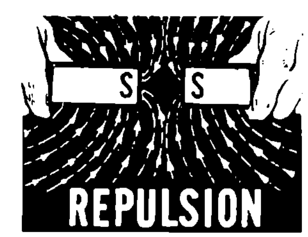
Le magnétisme est une force invisible. Seuls les effets qu'il produit sont visibles. Vous savez que le vent, par exemple, possède une grande force et pourtant il est invisible. De la même manière, la force magnétique peut se faire sentir, mais elle est invisible.

Le champ magnétique autour d'un aimant se compose de lignes de force invisibles qui quittent l'aimant à un point déterminé et le rejoignent à un autre point. Ces lignes de force invisibles s'appellent « lignes de flux », et la forme de l'espace qu'elles occupent est appelée « spectre magnétique ». Le nombre de lignes de force par unité de surface est appelé « intensité du champ magnétique ». Les points auxquels les lignes de force quittent et rejoignent l'aimant sont appelés « pôles ». Le circuit magnétique est le trajet que suivent les lignes de force magnétiques.



Si vous essayez de rapprocher deux aimants de façon que leurs pôles nord soient en face l'un de l'autre, vous sentirez une force de répulsion entre les pôles. Si vous rapprochez les deux aimants par leurs pôles sud, vous sentirez également une force de répulsion, tandis que, si vous les rapprochez de façon que le pôle sud de l'un des aimants soit en regard du pôle nord de l'autre, il existera une force d'attraction entre les pôles. A ce point de vue, les pôles magnétiques ressemblent beaucoup aux charges statiques. Les charges ou pôles de même signe se repoussent, tandis que les charges ou pôles de signe contraire s'attirent.

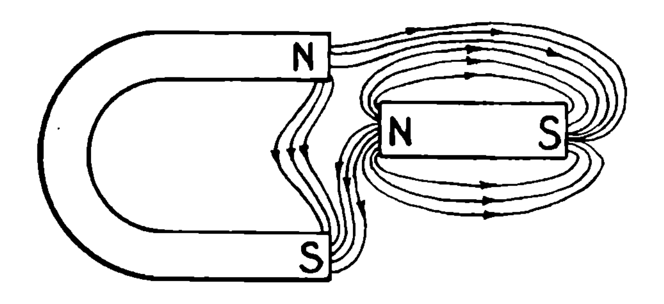






L'action des pôles magnétiques, qui consiste à se repousser ou à s'attirer, selon les cas, est due à l'existence d'un champ magnétique autour de l'aimant. Comme il a déjà été expliqué, le champ magnétique invisible est déterminé par les lignes de force qui quittent l'aimant en un point déterminé pour le rejoindre en un autre point, ces deux points étant le pôle nord et le pôle sud de l'aimant. A l'intérieur de l'aimant, les lignes de force poursuivent leur trajet du pôle sud vers le pôle nord. Ainsi, chaque ligne de force est une ligne continue et ininterrompue.

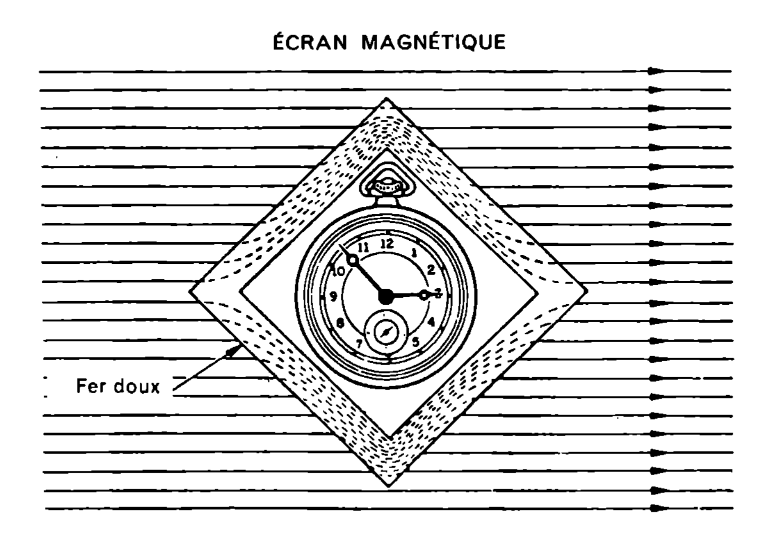
L'une des caractéristiques des lignes de force magnétiques consiste en ce fait qu'elles se repoussent les unes les autres, et qu'ainsi elles ne se croisent ni ne s'unissent jamais. Si deux champs magnétiques sont placés l'un à côté de l'autre, comme vous le voyez ci-dessous, ils ne se combinent pas, mais forment un champ, qui est déformé. (Remarquez que les lignes de force ne se croisent pas.)



Dérivation de lignes de force magnétiques.

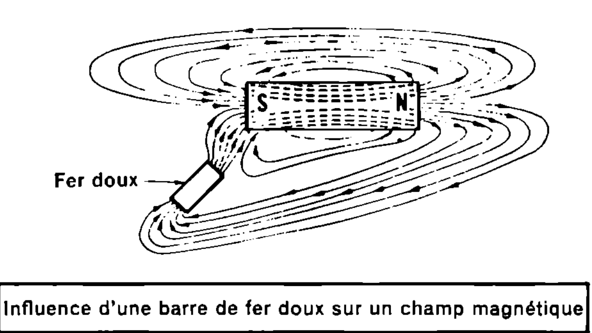
On ne connaît aucun isolant contre les lignes de force magnétiques. En effet, elles traversent toutes les matières. Cependant, certaines matières laissent passer les lignes de force plus facilement que d'autres. Ce fait permet de concentrer les lignes de force aux endroits voulus et de les détourner, lorsqu'un endroit ou un appareil doit être mis à l'abri des lignes de force.

ÉCRAN MAGNÉTIQUE



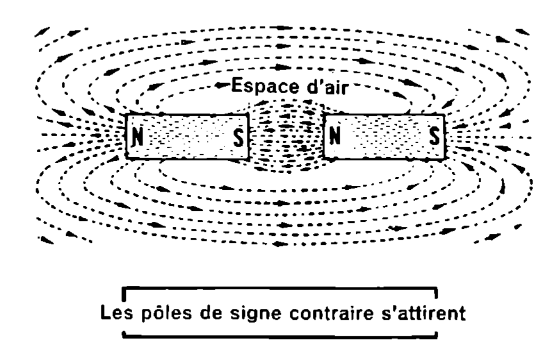
Sur la page précédente, vous avez appris que les lignes de force magnétiques traversaient très facilement certaines matières et moins facilement d'autres. Quant aux matières qui sont moins facilement traversées par des lignes de force magnétiques, ou qui semblent empêcher le passage des lignes de force, on dit que ces matières ont une grande « réluctance ». De la même manière, on dit que les matières qui laissent facilement passer les lignes de force magnétiques ont une réluctance faible. La réluctance vis-à-vis d'un circuit magnétique est à peu près l'équivalent de la résistance dans les circuits électriques.

Les lignes de force magnétiques choisissent toujours le trajet de la moindre réluctance. Par exemple, elles traversent plus facilement le fer que l'air. Comme l'air a une plus grande réluctance que le fer, la concentration d'un champ magnétique sera toujours plus forte dans le fer que dans l'air, puisque la réluctance du fer est faible. Autrement dit, lorsqu'on place du fer dans un circuit magnétique, les lignes de force du champ magnétique seront concentrées dans le fer.



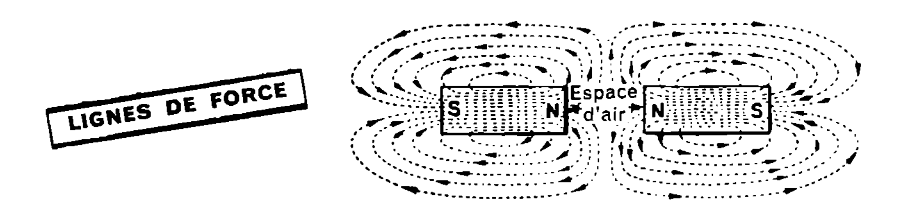
Influence d'une barre de fer doux sur un champ magnétique

Les lignes de force magnétiques agissent comme des élastiques. La figure ci-dessous explique la cause de cette caractéristique, particulièrement sensible près de l'espace d'air qui n'est, comme vous le voyez, pas atteint par les lignes de force. Remarquez que quelques lignes de force suivent un trajet courbe à travers cet espace en partant du pôle nord vers le pôle sud. L'existence de ce trajet courbe vers l'extérieur s'explique par le fait que les lignes de force se repoussent les unes les autres. Pourtant, elles ont tendance à résister à cet effet, et c'est en cela qu'elles ressemblent à des élastiques tendus.



Les pôles de signe contraire s'attirent

Vous venez de voir que les lignes de force se repoussent les unes les autres. En traçant les lignes de force des deux aimants que vous voyez ci-dessous et dont les pôles nord se font face, vous allez comprendre pourquoi cette caractéristique existe.



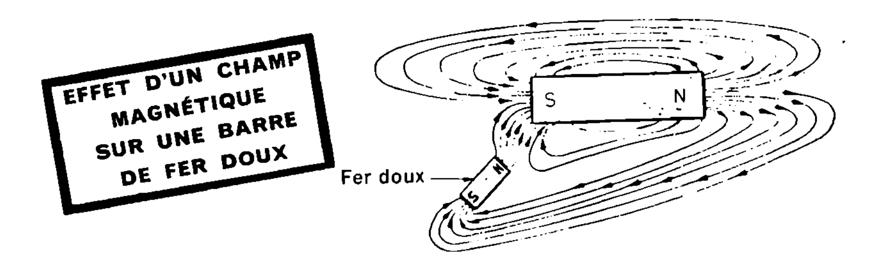
La réaction des lignes de force des deux aimants s'explique par le fait que les lignes de force ne peuvent pas se croiser. C'est pourquoi elles tournent tout de suite des deux côtés et suivent, entre les masses polaires, la même direction. Puisque des lignes de force qui suivent ainsi la même direction ont tendance à se repousser, les deux aimants vont se repousser.

Le nombre de lignes de force qui peuvent être concentrées dans un morceau d'une certaine matière est limité. Ce nombre varie selon les matières, mais, lorsque le nombre maximum a été atteint, on dit que la matière est saturée. Ce phénomène est utilisé dans de nombreux appareils électriques.

La propriété magnétique peut être induite ou introduite dans une matière qui, normalement, ne possède pas cette qualité. Lorsqu'on place un morceau de fer doux non magnétique dans le champ magnétique d'un aimant permanent, le fer doux acquiert des propriétés magnétiques. Il devient magnétisé. Cette action de magnétisation est appelée induction magnétique. Elle est due au fait que les lignes de force magnétique ont tendance à passer par une matière qui leur oppose moins de réluctance que l'air.

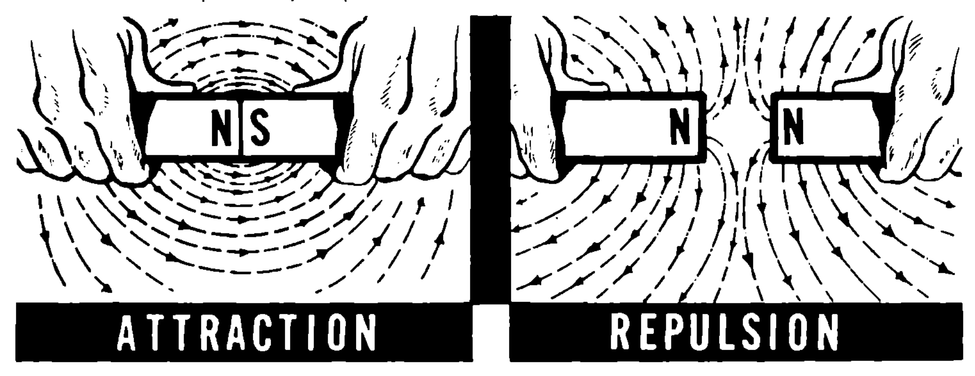
Lorsque les lignes de force traversent la barre de fer doux (voir ci-dessous), les molécules de fer doux s'alignent en parallèle avec les lignes de force, et leurs pôles nord pointent dans la direction où les lignes de force traversent le fer. Ainsi, le magnétisme est induit dans le fer doux et celui-ci prend la polarité que vous voyez ci-dessous.

Si on enlève l'aimant permanent, la barre de fer doux perd une grande partie de son pouvoir magnétique. La force magnétique qui lui reste est appelée rémanence. Vous retrouverez le terme « rémanence » plus loin dans ce cours et, notamment, lorsque vous étudierez les génératrices en courant continu.

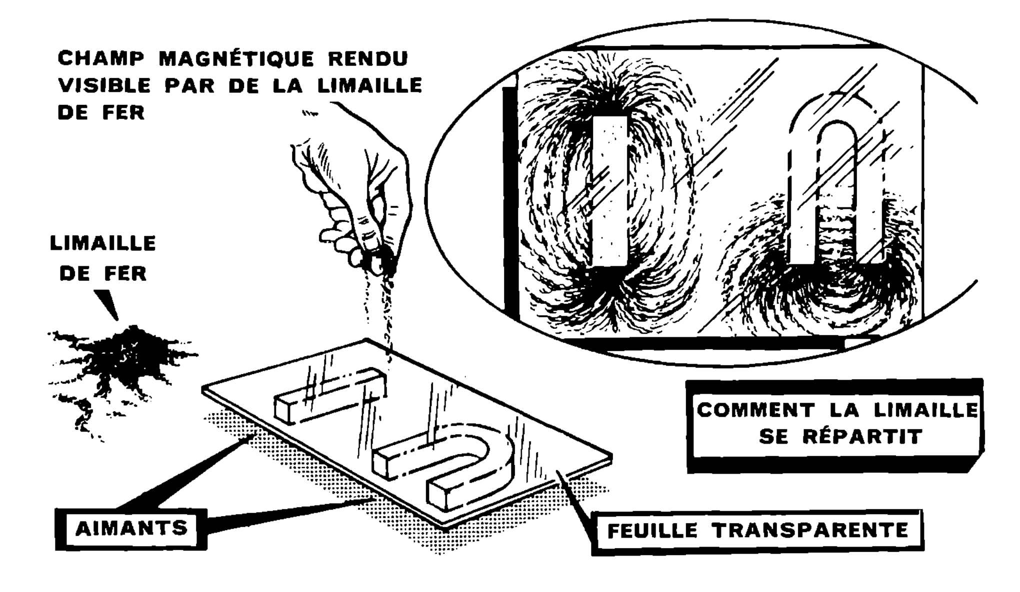


DÉMONSTRATION. CHAMPS MAGNÉTIQUES

Pour montrer que des pôles de noms contraires s'attirent, le professeur rapproche deux aimants droits l'un de l'autre, de façon que le pôle nord de l'un se trouve face au pôle sud de l'autre. Vous voyez que non seulement il est facile de rapprocher ces deux aimants, mais qu'ils s'attirent très nettement, ce qui démontre que des pôles de noms contraires s'attirent. Par contre, lorsqu'on rapproche les deux aimants de façon que des pôles de même nom soient face à face, il est difficile de les réunir, ce qui montre que des pôles de même nom se repoussent. Lorsque le professeur répète cette expérience avec des aimants en forme de fer à cheval, le résultat est le même : des pôles de même nom se repoussent, des pôles de nom contraire s'attirent.



Pour montrer comment les lignes de force forment un champ magnétique autour d'un aimant, le professeur prend un aimant droit, un aimant en fer à cheval et de la limaille de fer pour rendre visible le champ magnétique. Il couvre l'aimant d'une feuille transparente et étale de la limaille de fer sur la feuille. Remarquez que la limaille ne se répartit pas de façon égale sur la feuille. Elle forme un dessin précis qui est caractérisé par le fait que les endroits de la feuille sous lesquels se trouvent les pôles de l'aimant attirent beaucoup plus de limaille que les autres. Vous voyez aussi que la limaille s'arrange de façon à former une série de lignes autour des pôles. Ces lignes représentent les lignes de force qui composent le champ magnétique.

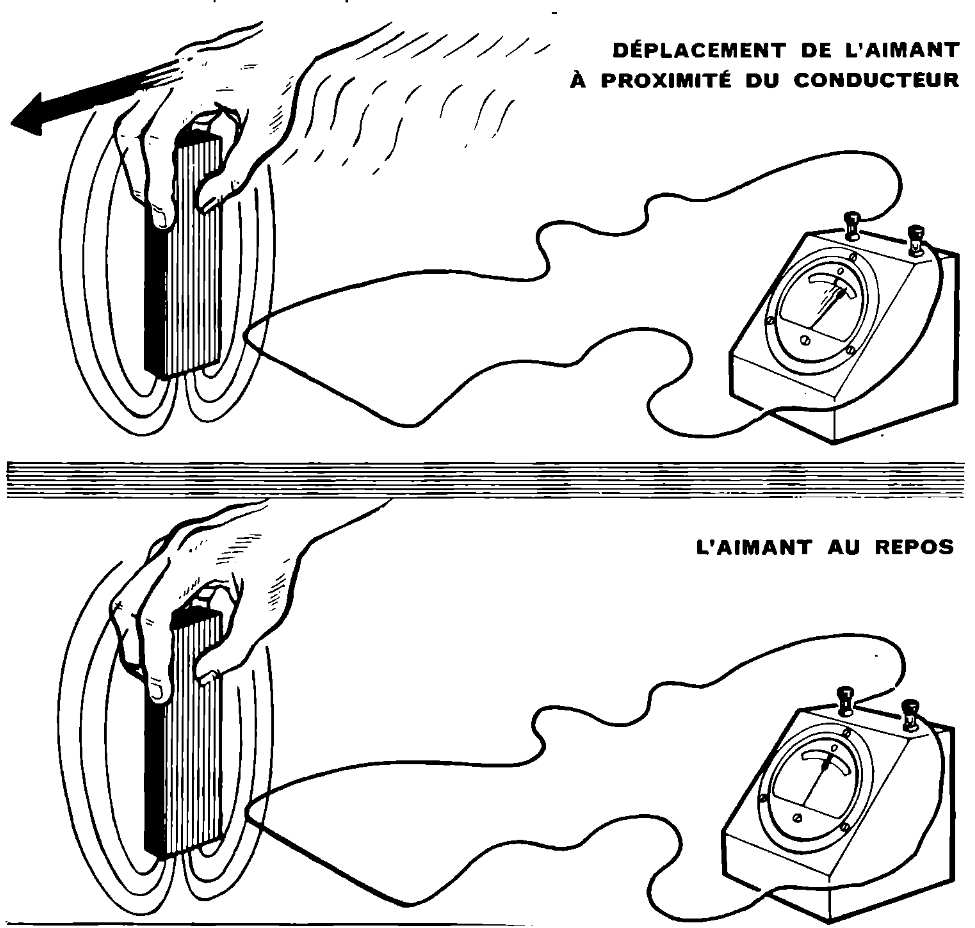


DÉPLACEMENT D'UN AIMANT PRÈS D'UN FIL CONDUCTEUR

L'une des méthodes par lesquelles on peut produire de l'électricité à partir du magnétisme consiste à déplacer un aimant à proximité d'un fil conducteur. Si vous branchez les extrémités d'un fil conducteur sur un appareil de mesure très sensible, et que vous déplacez ensuite un aimant à proximité de ce conducteur, vous constatez une déviation de l'aiguille de votre appareil de mesure. Cette déviation montre que de l'électricité est produite dans le conducteur. Si vous répétez cette opération en observant attentivement l'appareil de mesure, vous voyez que son aiguille n'est déviée que lorsque l'aimant passe à proximité **immédiate** du conducteur.

Si vous placez l'aimant près du conducteur et que vous le maintenez dans sa position de repos, l'aiguille de l'appareil ne dévie pas. Par contre, dès que vous déplacez de nouveau l'aimant, l'aiguille dévie, ce qui montre que l'aimant et le conducteur, à eux seuls, ne suffisent pas pour produire de l'électricité. Pour que l'aiguille de l'appareil de mesure dévie, il faut que l'aimant se déplace à proximité du conducteur.

Ce déplacement est nécessaire parce que le champ magnétique autour d'un aimant ne produit un courant électrique dans un conducteur que lorsque ce champ se déplace à travers le conducteur. Si les deux, le champ et le conducteur, sont au repos, le champ ne se déplace pas à travers le conducteur et il ne peut donc se produire aucun mouvement d'électrons.



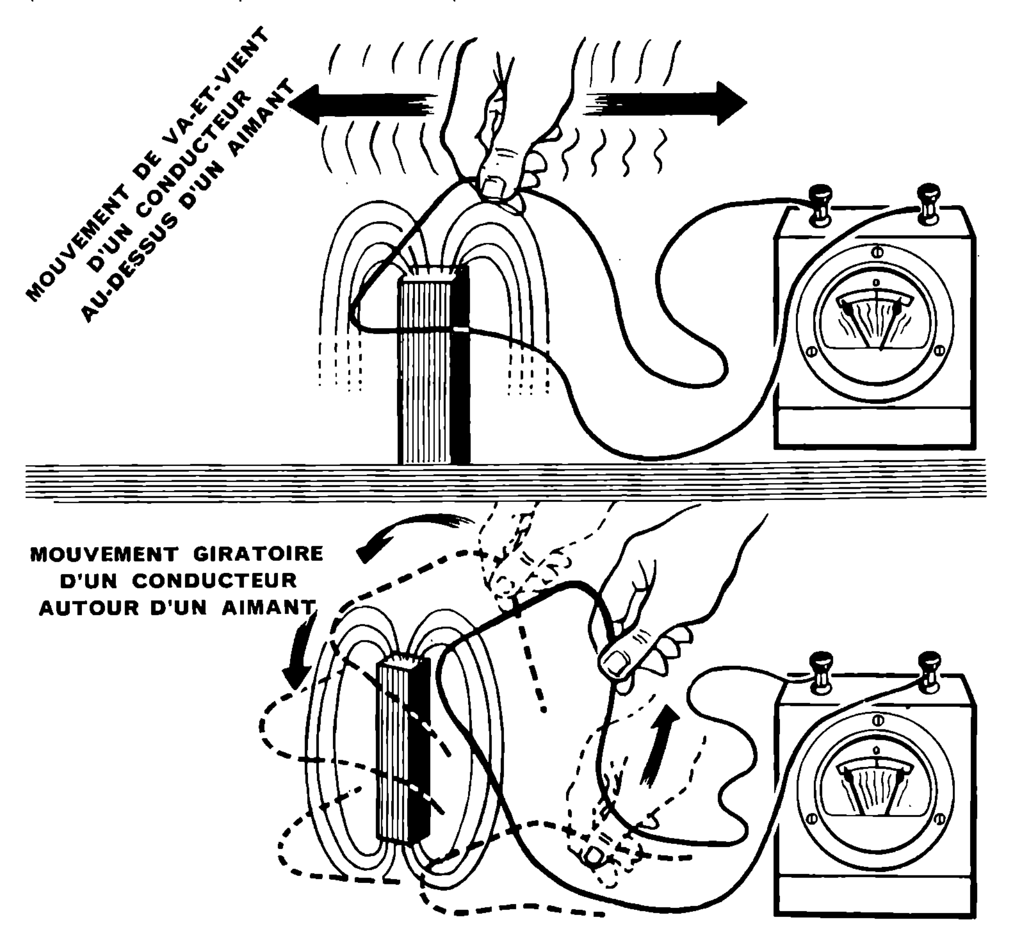
DÉPLACEMENT D'UN CONDUCTEUR À PROXIMITÉ D'UN AIMANT

En étudiant l'effet produit par un aimant qui se déplaçait à proximité d'un conducteur, vous avez vu que de l'électricité n'était produite que lorsque l'aimant et son champ magnétique se déplaçaient effectivement à proximité du conducteur. Si vous déplacez le conducteur à proximité d'un aimant au repos, vous constatez également une déviation de l'aiguille de l'appareil de mesure. Cette déviation ne se produit que lorsque le conducteur se déplace effectivement à proximité de l'aimant de façon à traverser le champ magnétique.

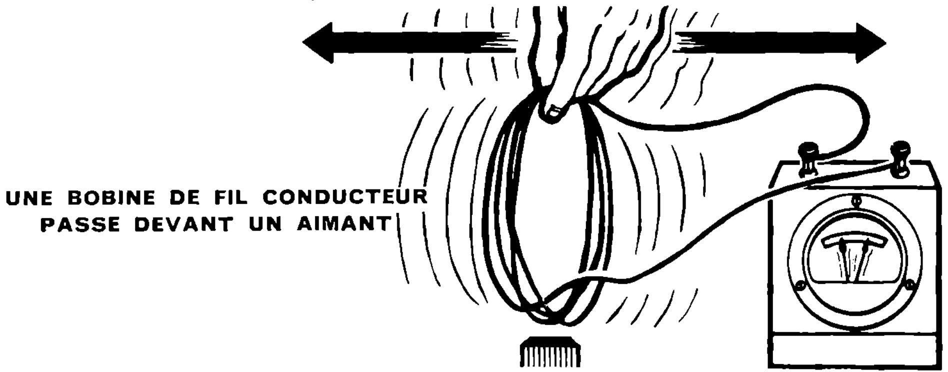
Pour produire de l'électricité à partir du magnétisme, vous pouvez donc, soit déplacer un champ magnétique à travers un conducteur, soit déplacer un conducteur à travers un champ magnétique. Pour que cette production d'électricité persiste, il faut cependant maintenir un mouvement, soit du conducteur, soit du champ magnétique.

Pour assurer un mouvement continu, le conducteur ou l'aimant devrait effectuer un va-et-vient ininterrompu. Or, il est plus pratique de faire tourner le conducteur autour de l'aimant.

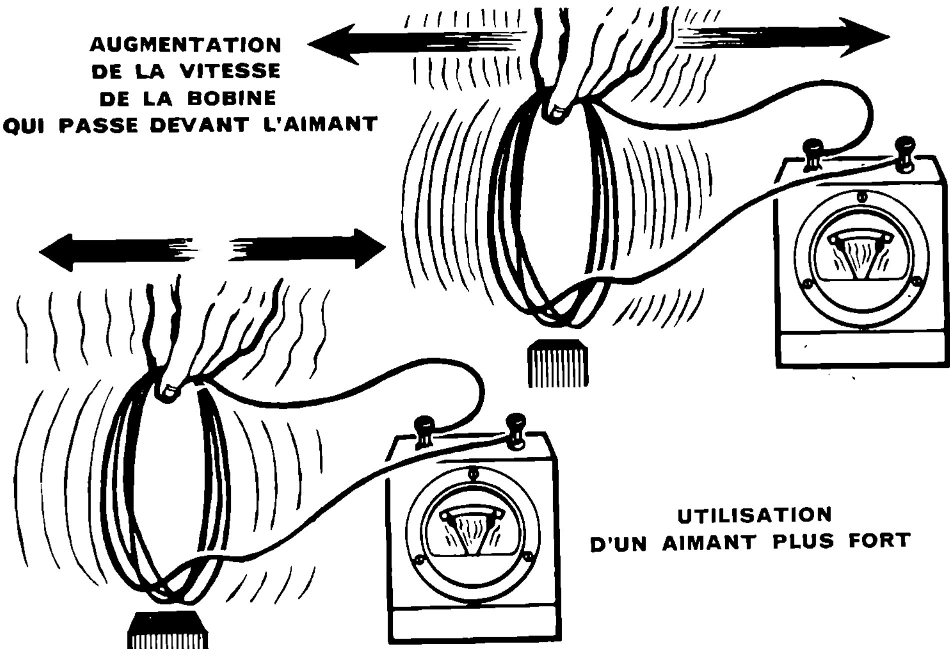
Cette méthode de produire de l'électricité, qui consiste à faire tourner un conducteur en le faisant passer devant des aimants, est le principe de base des génératrices électriques. La plus grande partie de l'électricité que nous utilisons est produite de cette manière.



Pour augmenter la quantité d'électricité qu'on peut produire en faisant passer un conducteur devant un aimant, vous pouvez, soit prendre un fil conducteur plus long, soit utiliser un aimant plus fort, soit accélérer le mouvement du conducteur. La longueur du fil conducteur peut être augmentée par l'enroulement de ce fil en plusieurs spires de façon à former une bobine. Si vous faites passer cette bobine à proximité de l'aimant, vous obtenez une déviation de l'aiguille beaucoup plus forte qu'avec un fil conducteur simple. Toute spire supplémentaire provoquera une augmentation de courant au courant obtenu avec une seule spire.



Lorsqu'on fait passer une bobine ou un morceau de fil conducteur devant un aimant faible, il en résulte un flux d'électrons faible. Si l'on fait passer la même bobine ou le même morceau de fil conducteur à la même vitesse devant un aimant fort, il en résulte un flux d'électrons plus important, comme on peut le voir par la plus grande déviation de l'aiguille de l'appareil de mesure. Lorsqu'on augmente la vitesse du mouvement, il en résulte également un flux d'électrons plus important. Dans la production de puissance électrique, on contrôle habituellement la puissance de sortie d'un générateur, soit en modifiant les caractéristiques de l'aimant, soit en modifiant la vitesse de rotation de la bobine.

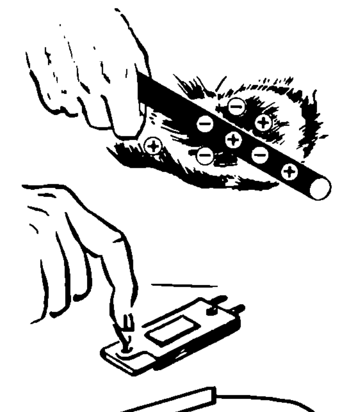


RÉCAPITULATION. ÉLECTRICITÉ, DÉFINITION ET SOURCES

Pour terminer vos études des sources d'électricité, supposez que vous récapituliez brièvement ce que vous venez d'apprendre au sujet de l'électricité et de ses origines.

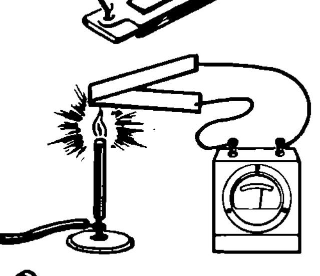
L'ÉLECTRICITÉ est l'action des électrons qui ont été forcés de quitter leurs orbites habituelles autour du noyau d'un atome. Pour forcer des électrons à quitter leurs orbites, il faut une certaine énergie.

Six formes d'énergie peuvent être utilisées dans ce but :



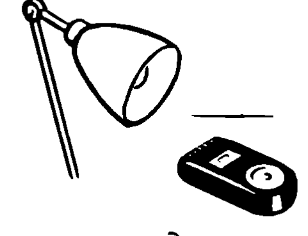
FROTTEMENT — En frottant deux matières l'une contre l'autre, on peut produire de l'électricité.

PRESSION — On peut produire de l'électricité en soumettant les cristaux de certaines matières à une pression.





CHALEUR — On peut produire de l'électricité en chauffant la jonction d'un thermocouple.



LUMIÈRE — On peut produire de l'électricité en exposant à la lumière des matières photosensibles.



MAGNÉTISME — On peut produire de l'électricité en établissant un mouvement relatif entre un aimant et un fil conducteur de façon à ce que le fil conducteur traverse les lignes de force magnétiques.

ACTION CHIMIQUE — On peut produire de l'électricité par réaction chimique dans une pile.

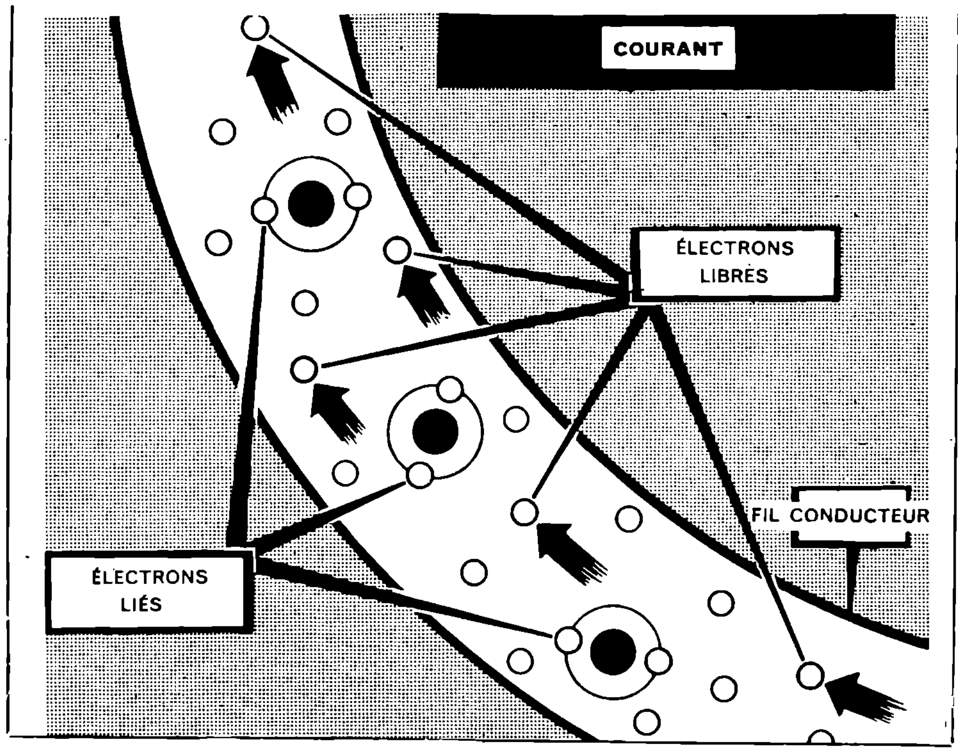
COURANT. DÉFINITION

MOUVEMENT DES ÉLECTRONS

Les électrons qui se trouvent sur les couches extérieures d'un atome sont moins fortement attirés par le noyau que les électrons qui se trouvent sur des orbites près du noyau. Les électrons qui se trouvent sur les orbites extérieures peuvent facilement être amenés à quitter leurs orbites, tandis que les électrons des couches intérieures sont appelés « électrons liés » puisqu'ils ne quittent pas facilement leurs orbites.

Les atomes et les molécules d'une matière sont constamment en mouvement, l'importance de ce mouvement désordonné étant déterminée par la matière dont il s'agit, par la température et par la pression. Ce mouvement désordonné amène des électrons des couches extérieures à quitter leurs orbites et à devenir ainsi des électrons « libres ». Ces électrons « libres » sont attirés par d'autres atomes qui ont perdu des électrons, et il en résulte un passage continuel d'électrons d'un atome à un autre, à l'intérieur de la matière considérée. Tous les phénomènes électriques se basent sur ce passage d'électrons « libres » qui ont été forcés de quitter les orbites extérieures de l'atome, sur lesquels ils se trouvaient. L'atome lui-même n'est pas affecté par une telle perte d'électrons, sauf qu'il devient électriquement positif et essaie d'attirer d'autres électrons pour remplacer ceux qu'il a perdus.

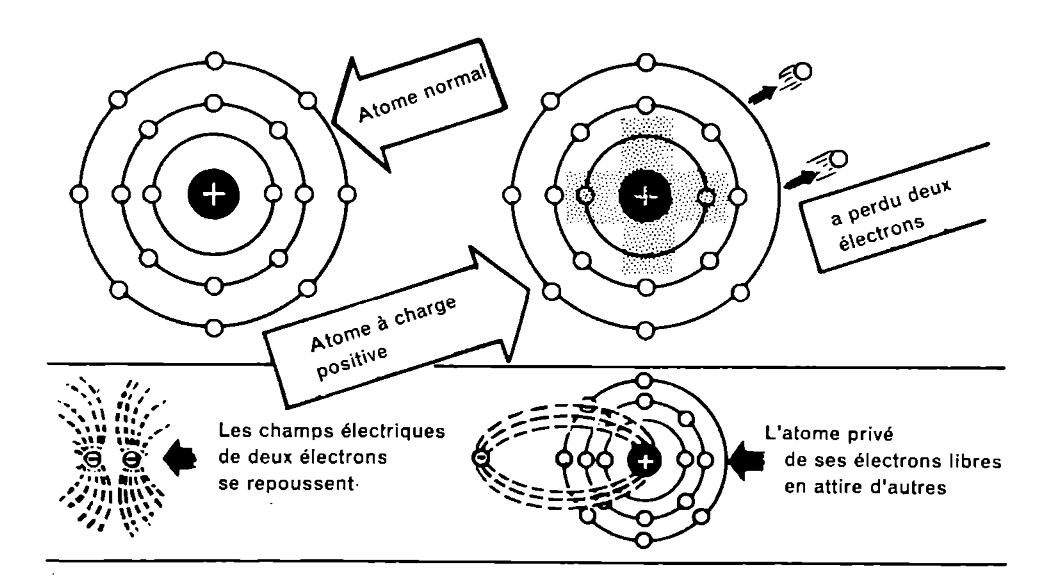
Normalement, le mouvement des électrons « libres » se répartit de façon égale dans toutes les directions possibles, de sorte qu'aucune partie de la matière ne gagne ni ne perd finalement des électrons. Lorsque la majorité des électrons se déplacent dans la même direction et que, par conséquent, une partie de la matière perd des électrons tandis qu'une autre en gagne, le mouvement ou flux net des électrons est appelé courant.



Supposez que vous observiez ce qui se passe exactement dans une matière, lorsqu'il se produit un flux d'électrons. Dans le chapitre I, au titre II, vous avez appris qu'un atome se composait d'un certain nombre de neutrons, de protons et d'électrons. Les protons ont une charge positive, les électrons ont une charge négative, et les neutrons n'ont aucune charge. Le noyau de l'atome se compose de neutrons et de protons, et il a une charge positive égale au nombre de protons qu'il comprend. Dans des conditions normales, le nombre d'électrons qui tournent autour du noyau est égal au nombre de protons dans le noyau, et l'ensemble de l'atome n'a ainsi aucune charge.

Lorsqu'un atome perd plusieurs de ses électrons libres, il a une charge positive, puisqu'il possède alors plus de protons que d'électrons. Dans le chapitre II, vous avez appris que des charges de même nom se repoussaient, tandis que des charges de nom contraire s'attiraient. Chaque charge positive et chaque charge négative est entourée de lignes de force invisibles, qui partent dans toutes les directions. L'espace occupé par ces lignes de force est appelé « champ électrique ». C'est pourquoi, lorsqu'un électron s'approche d'un autre, l'autre est repoussé et les deux électrons ne se toucheront pas.

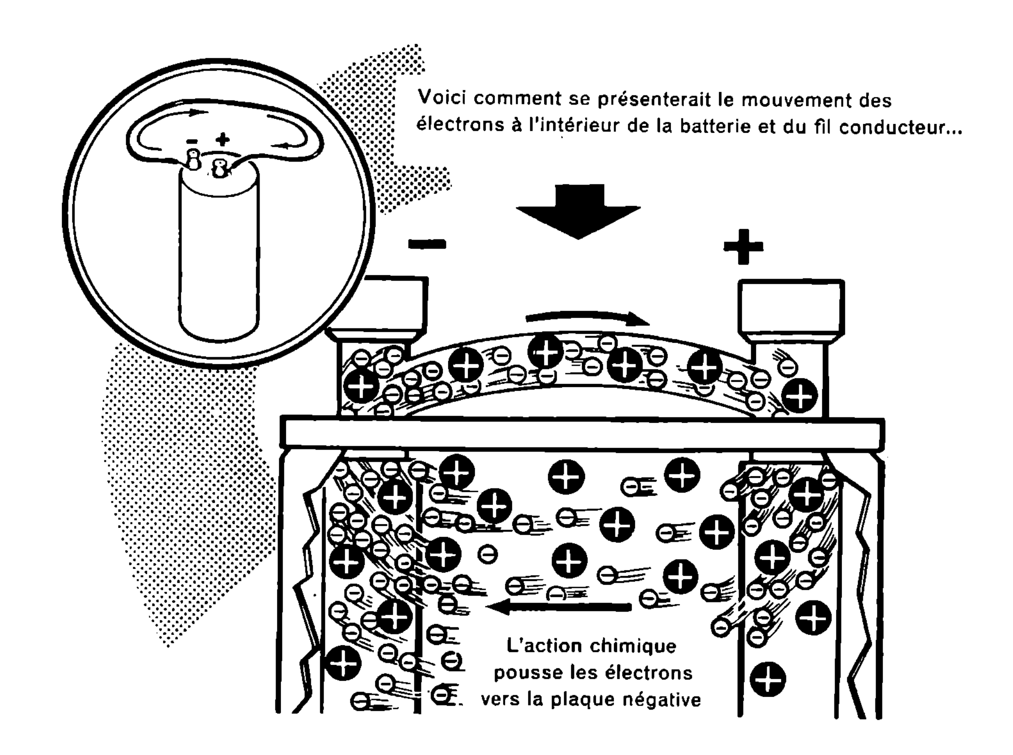
De la même manière, lorsqu'un électron s'approche d'une charge positive, les deux champs se rencontrent et s'attirent malgré une certaine distance qui les sépare. Les caractéristiques électriques d'une matière sont déterminées par l'attraction entre la charge positive du noyau et les électrons sur les orbites extérieures. Si les atomes d'une matière sont construits de sorte qu'il existe très peu d'attraction entre le noyau positif et les électrons extérieurs, ceux-ci quittent facilement l'atome lorsqu'ils entrent dans la sphère d'influence de champs électriques. Ces conditions se trouvent réalisées dans certains métaux. C'est ainsi que dans les atomes d'argent, de cuivre et d'aluminium, il n'existe qu'une attraction très faible entre le noyau et les électrons extérieurs. Par contre, dans des matières telles que le verre, les matières plastiques, le bois et les terres cuites, il existe une très grande force d'attraction entre le noyau et les électrons extérieurs, de sorte que ceux-ci ne quittent leurs atomes que sous l'influence de très forts champs électriques.



Vous avez appris que la propriété caractéristique d'une pile sèche consistait en ce fait qu'il existait un excès d'électrons à la borne négative et un manque d'électrons à la borne positive. Supposez que vous examiniez de plus près ce qui se passe lorsqu'un fil conducteur est branché entre les bornes d'une pile sèche.

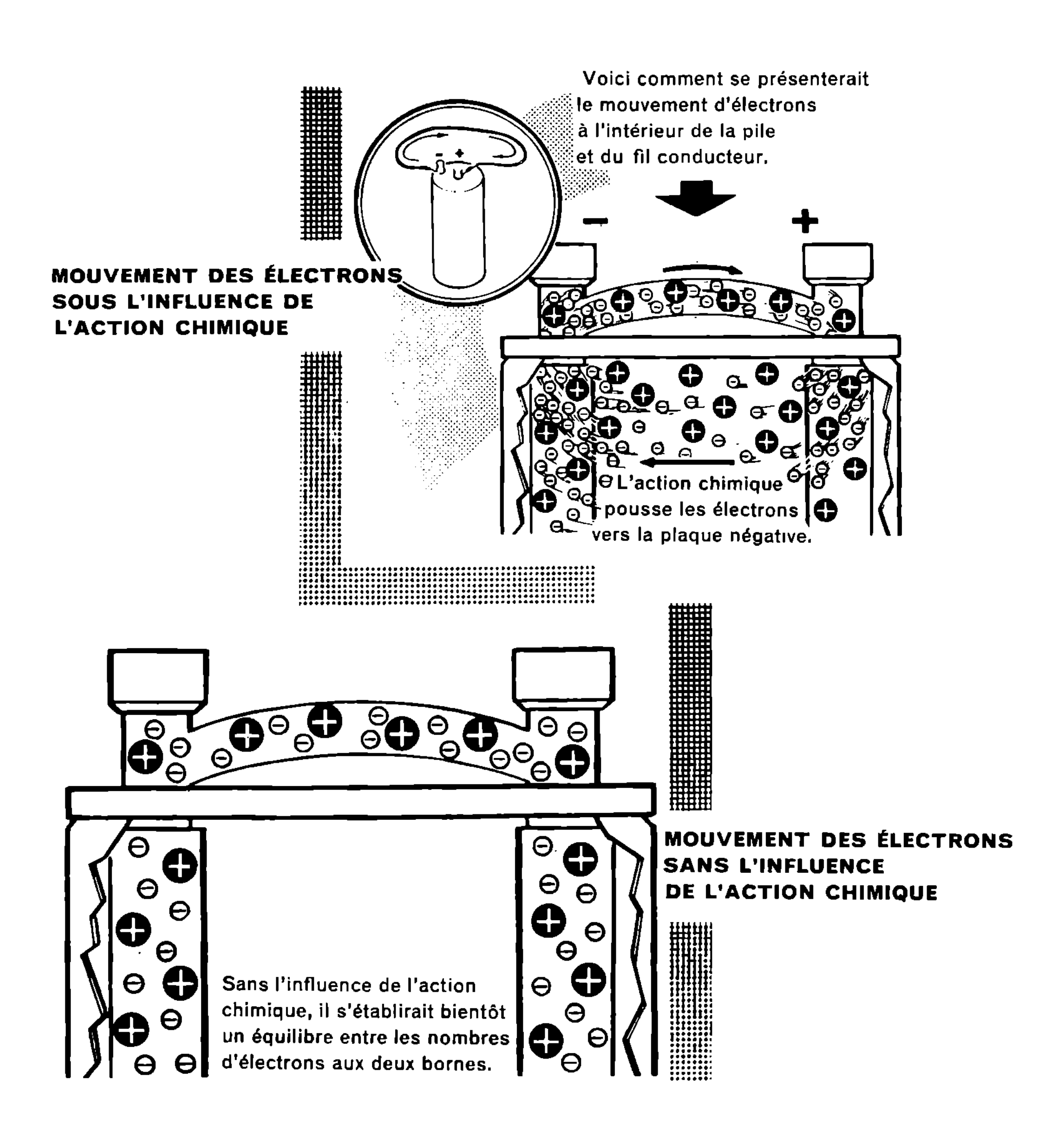
Au moment où le fil conducteur est branché sur la pile sèche, il existe un excès d'électrons à la borne négative et un manque d'électrons à la borne positive. Rappelez-vous que les électrons se repoussent les uns les autres, et qu'ils sont attirés par les endroits où il existe un manque d'électrons. Les électrons qui sont de trop à la borne négative de la pile sont, par conséquent, attirés par la borne positive. Les champs électriques de ces électrons touchent à des électrons qui font partie d'atomes se trouvant dans le fil conducteur, et certains de ces électrons qui se trouvent sur les orbites extérieures des atomes sont ainsi forcés de quitter leurs atomes. Ces électrons libres ne peuvent cependant rester à l'endroit où ils se trouvent, parce qu'ils sont repoussés par l'excès d'électrons qui se trouvent accumulés à la borne négative. Ils se déplacent donc en direction de la borne positive, et lorsqu'ils arrivent à d'autres atomes, ils leur arrachent à leur tour des électrons se trouvant sur les orbites extérieures, et le même processus se répète.

A la borne positive du fil conducteur, il existe un manque d'électrons et, par conséquent, une grande force d'attraction entre la borne positive et les électrons extérieurs des atomes les plus proches. Les champs électriques des électrons extérieurs sont fortement attirés par la borne positive, et certains de ces électrons quittent leurs atomes et se dirigent vers la borne positive. Lorsque ces électrons ont quitté leurs atomes, ceux-ci sont devenus positifs et attirent à leur tour des électrons de leurs atomes voisins. Ainsi, de plus en plus d'électrons sont attirés par la borne positive.



Si l'excès et le manque d'électrons étaient fixés à des quantités déterminées, il faudrait très peu de temps pour que tous les électrons qui sont de trop à la borne négative rejoignent la borne positive. Mais la pile sèche continue à accumuler des électrons à la borne négative et à en enlever à la borne positive, de façon que les deux bornes restent respectivement négative et positive tant que la pile fonctionne.

Dans ces conditions, il se produit donc un mouvement d'électrons continu à partir du moment où le fil conducteur est branché sur la pile. Les électrons qui ne cessent d'arriver à la borne négative continuent à pousser les électrons libres dans le fil conducteur, et l'enlèvement constant d'électrons de la borne positive maintient une force d'attraction qui s'exerce sur les électrons libres.



Si vous éprouvez des difficultés à vous imaginer ce qui se passe à l'intérieur du fil conducteur, supposez que vous examiniez une situation semblable avec des composantes qui vous sont plus familières. Imaginez un morceau d'un large tuyau de drainage, dans lequel de nombreuses balles de golf sont suspendues à des fils. Chaque balle de golf représente un atome avec ses électrons liés. Maintenant, remplissez tout l'espace entre les balles de golf de petites balles de métal de la taille des plombs d'une carabine à air comprimé. Chacune de ces petites balles représente un électron libre. Maintenant, imaginez toute une armée de petits bonshommes qui enlèvent ces petites balles à une extrémité du tuyau pour aller les lancer dans l'ouverture à l'autre extrémité. Cette armée représente la pile sèche.

Puisque le tuyau ne peut être rempli davantage et que, d'autre part, ses parois sont trop fortes pour éclater, tout ce qui peut arriver, c'est un flux constant de petites balles d'une extrémité du tuyau à l'autre. Plus les petits bonshommes travaillent vite et plus ils lancent fort, plus le flux de petites balles sera grand. Ce flux commence au moment précis où l'armée de petits bonshommes se met au travail, et il continue à une vitesse constante jusqu'à ce que les petits bonshommes soient trop épuisés pour transporter et lancer les petites balles. La pile sèche est alors « morte ».

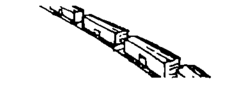
La situation dans ce tuyau de drainage ressemble beaucoup à celle d'un fil conducteur qui transporte un courant électrique. La différence principale, c'est que, dans le tuyau, les petites balles se touchent directement en se poussant les uns les autres tandis que, dans le fil conducteur, les électrons ne se touchent pas, car seuls leurs champs électriques se poussent les uns les autres.



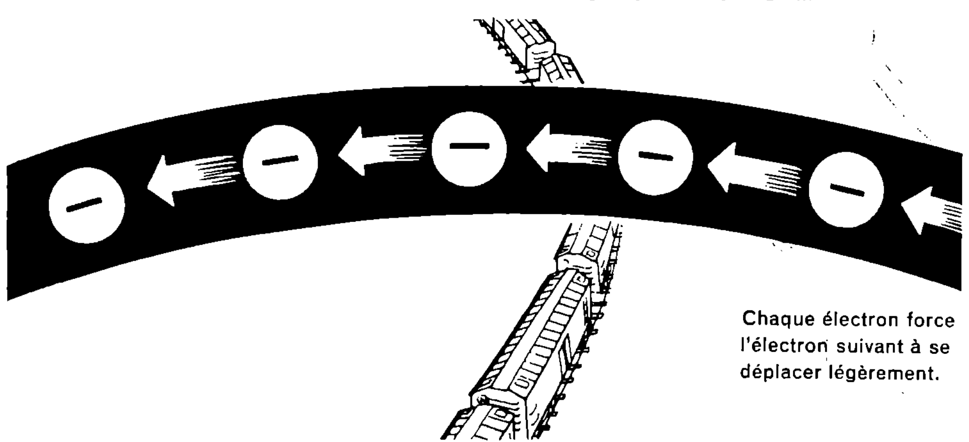
Lorsqu'il se produit un courant dans un fil conducteur, tous les électrons dans le conducteur se mettent en marche au même moment, exactement comme les voitures d'un long train, qui démarrent et s'arrêtent aussi toutes à la fois.

Lorsqu'une voiture de train se met en marche, toutes les autres se mettent également en marche et se déplacent comme cette première voiture. Les électrons libres dans un conducteur agissent de la même manière. Il existe toujours des électrons libres dans un conducteur, et chaque électron qui se déplace exerce une force sur l'électron suivant. Celui-ci, en se déplaçant, exerce à son tour une force sur l'électron suivant, et ainsi de suite à travers tout le conducteur.

Lorsque des électrons partent d'une extrémité du conducteur, celle-ci devient électriquement positive et, par conséquent, tous les électrons libres dans le conducteur se dirigent dans sa direction. Ce mouvement, qui se produit simultanément à tous les points du conducteur, diminue le nombre d'électrons qui se trouvent à l'autre extrémité du conducteur et permet à d'autres électrons de rejoindre le conducteur en ce point.

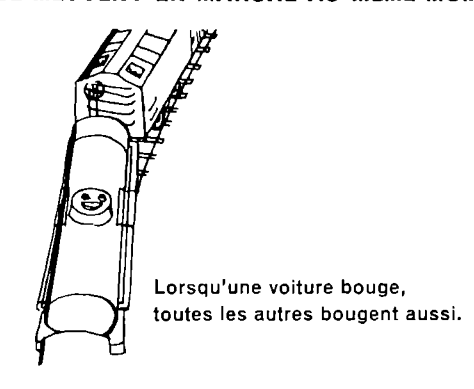


MOUVEMENT D'ÉLECTRONS DANS UN CONDUCTEUR...



Chaque électron force l'électron suivant à se déplacer légèrement.

...TOUS SE METTENT EN MARCHE AU MÊME MOMENT

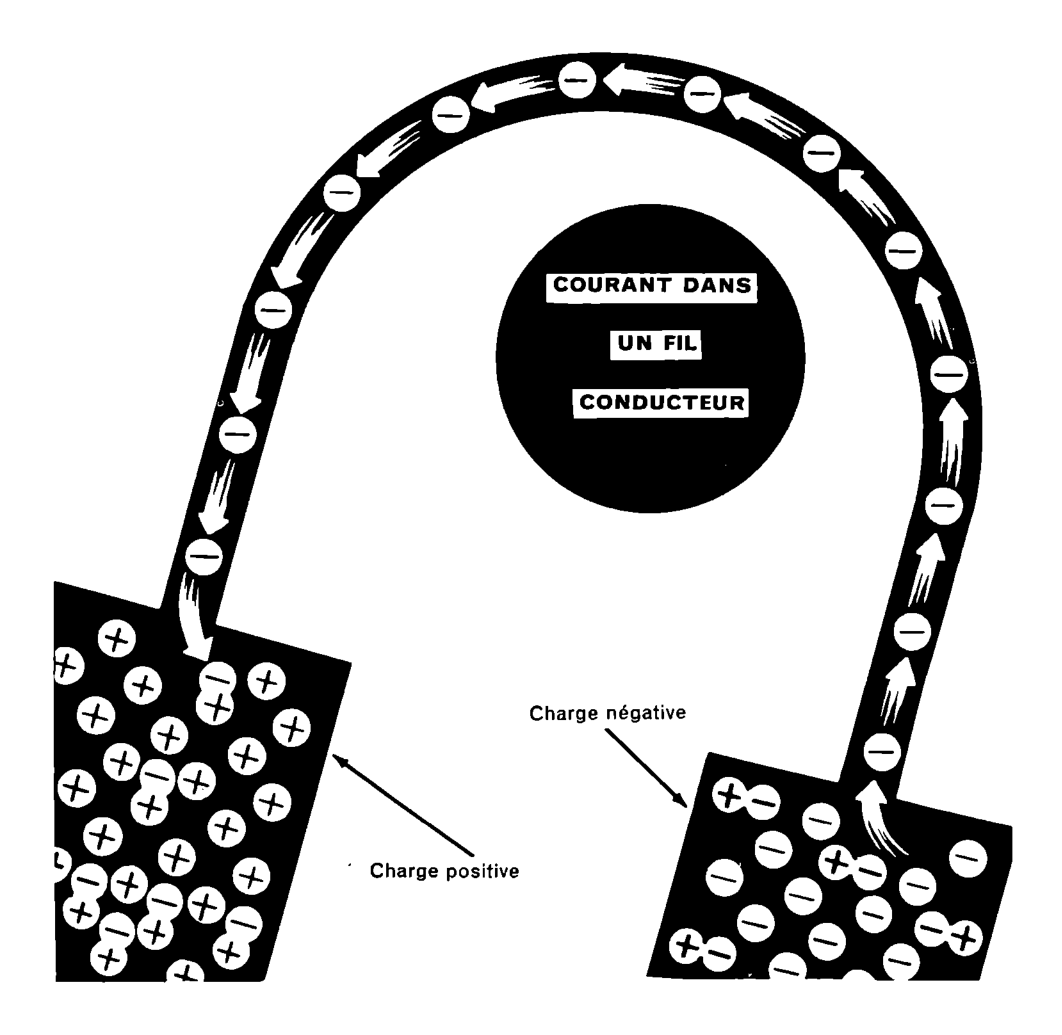


Lorsqu'une voiture bouge, toutes les autres bougent aussi.

Puisque les électrons se repoussent les uns les autres, et puisqu'ils sont attirés par des charges positives, ils auront toujours tendance à se diriger d'un point où il existe un excès d'électrons, vers un point où il existe un manque d'électrons. En étudiant la décharge de charges statiques, vous avez vu que, lorsqu'une charge positive était mise en contact avec une charge négative, les électrons excédentaires de la charge négative se dirigeaient vers la charge positive.

Si on enlève des électrons à une extrémité d'un fil de cuivre, il en résulte une charge positive en ce point, ce qui amène les électrons libres qui se trouvent dans le conducteur à se diriger vers cette extrémité. Si, en même temps, on ajoute des électrons à l'autre extrémité du conducteur, qui devient ainsi négative, il se produit un mouvement continuel d'électrons de l'extrémité à charge négative vers l'extrémité à charge positive. Ce mouvement d'électrons est un courant qui continuera aussi longtemps que des électrons seront ajoutés à une extrémité et enlevés à l'autre extrémité du fil conducteur.

Un courant peut se produire dans toute matière dans laquelle il existe des électrons libres, mais nous nous intéressons seulement au courant dans des conducteurs métalliques.

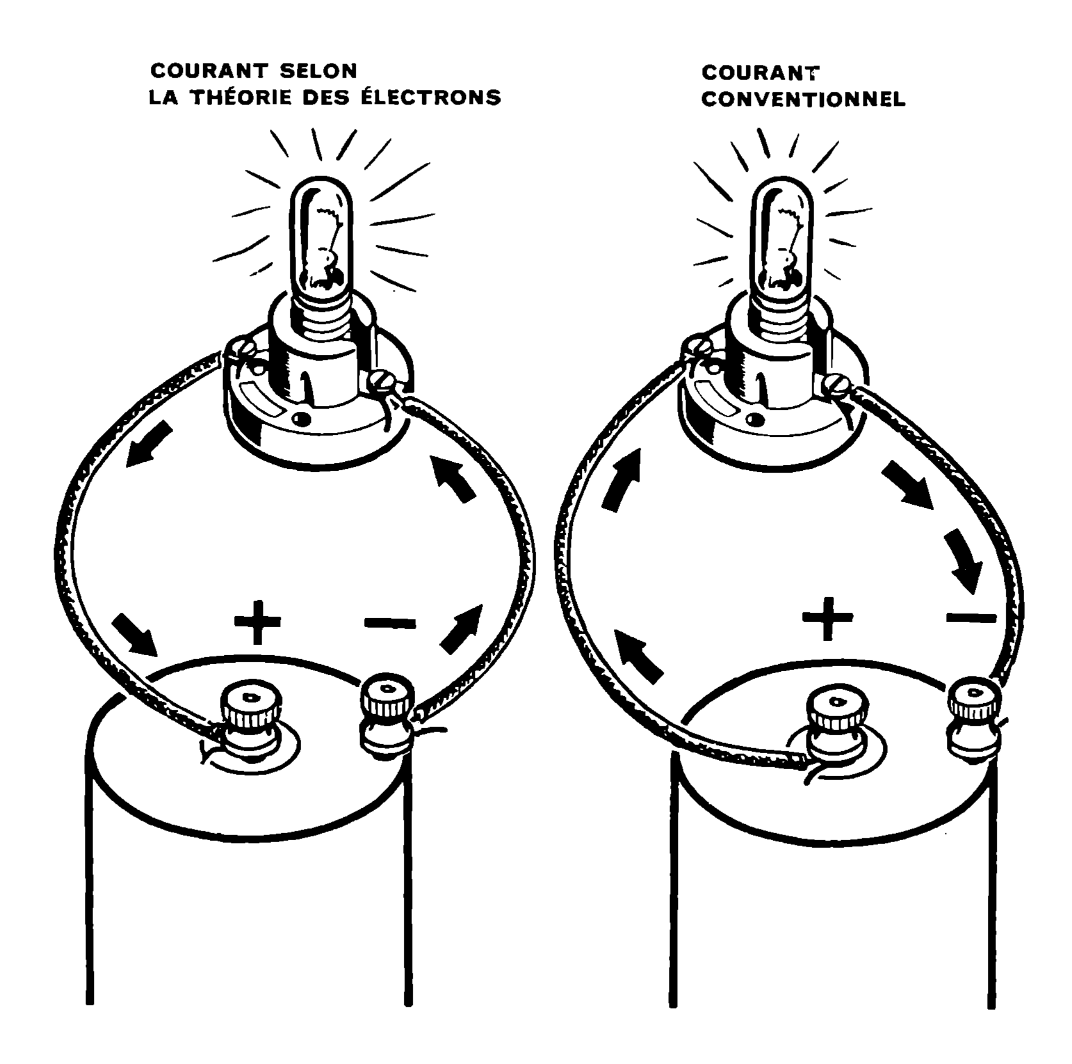


DIRECTION DU COURANT

Suivant la théorie des électrons, le courant se dirige toujours de la charge négative (—) vers la charge positive (+). Ainsi, lorsqu'un fil conducteur est branché sur une pile, le courant se dirige toujours de la borne (—) vers la borne (+).

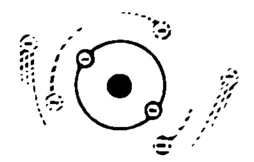
Avant l'énonciation de la théorie électronique de la matière, on utilisait déjà de l'électricité pour l'éclairage et pour la propulsion de moteurs, etc... L'électricité était donc déjà exploitée, mais personne ne savait pourquoi ni comment elle fonctionnait. On croyait alors que quelque chose se déplaçait dans le conducteur de (+) à (—). Cette conception du courant est appelé courant conventionnel. Bien que la théorie électronique du courant (—) à (+) soit généralement acceptée, vous verrez qu'on utilise parfois le courant conventionnel (+) à (—), lorsqu'on travaille avec certains types d'appareils électriques.

Pour vos études d'électricité, retenez que la direction du courant est celle du flux d'électrons, c'est-à-dire de la borne négative vers la borne positive.

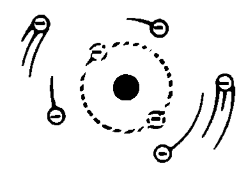


RÉCAPITULATION. COURANT

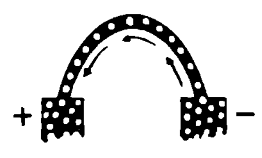
Le courant effectue tout le travail inhérent au fonctionnement de tout appareil électrique, qu'il s'agisse d'une simple ampoule d'éclairage ou d'un appareil électronique compliqué tel qu'un récepteur ou un émetteur de radio. Pour qu'un courant puisse se produire, il faut qu'il existe un trajet ininterrompu entre les deux bornes d'une source de charges électriques. Maintenant, supposez que vous récapituliez ce que vous venez d'apprendre au sujet du courant.



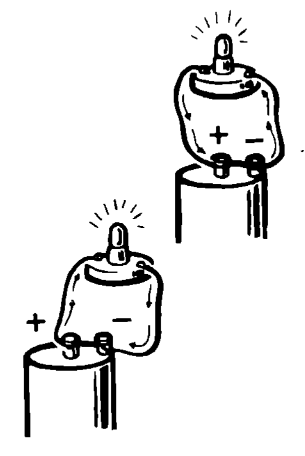
1. **ÉLECTRONS « LIÉS »** — Les électrons « liés » sont des électrons qui se trouvent sur les orbites intérieures d'un atome et ne peuvent être facilement forcés de quitter leurs orbites.



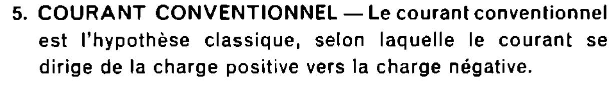
2. **ÉLECTRONS « LIBRES »** — Les électrons « libres » sont ceux qui se trouvent sur les orbites extérieures d'un atome et peuvent facilement être forcés de quitter leurs orbites.



3. **COURANT** — Le courant est le déplacement d'électrons « libres » dans une matière, tous dans la même direction.



4. **COURANT ÉLECTRONIQUE** — Le courant électronique est un courant qui se dirige de la charge négative vers la charge positive.



5. **COURANT CONVENTIONNEL** — Le courant conventionnel est l'hypothèse classique, selon laquelle le courant se dirige de la charge positive vers la charge négative.



6. **AMPÈREMÈTRE** — L'ampèremètre est un appareil de mesure qui sert à mesurer l'intensité du courant.

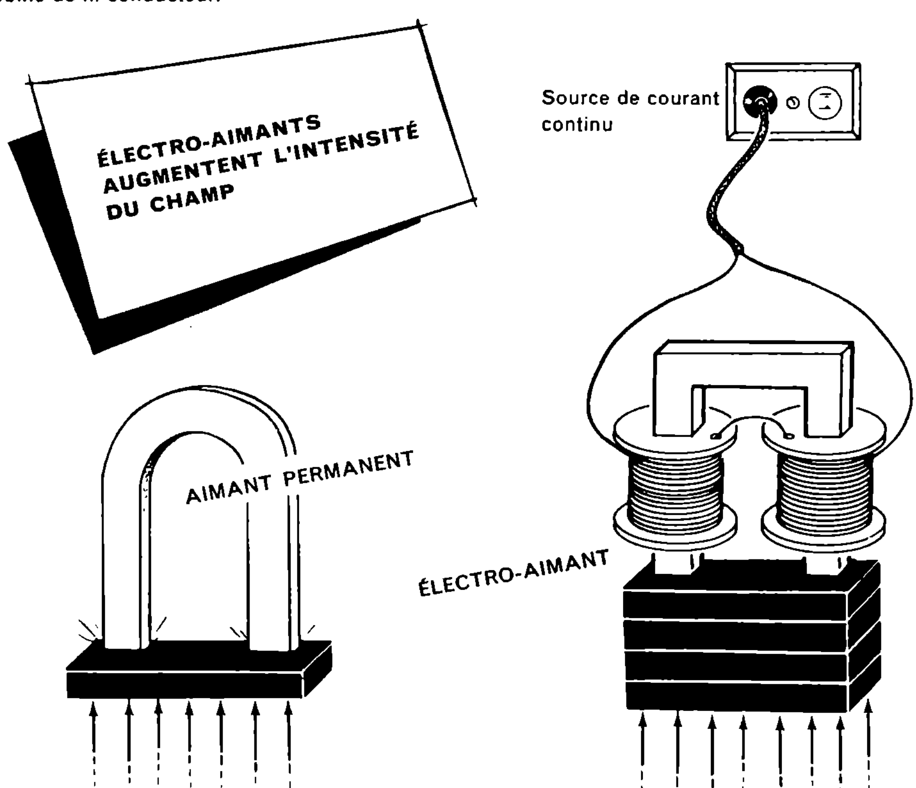
CHAMPS MAGNÉTIQUES

ÉLECTROMAGNÉTISME

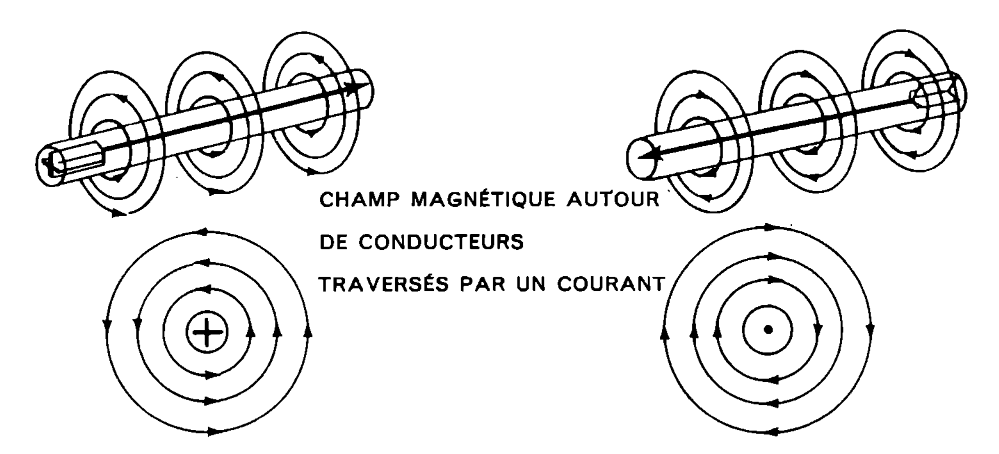
Dans le chapitre précédent, vous avez appris le fait très important que vous pouvez provoquer un courant électrique en déplaçant un fil conducteur de façon qu'il traverse un champ magnétique. Vous avez également appris que c'était la méthode la plus répandue de produire de l'électricité aussi bien pour l'usage ménager que pour celui de l'industrie et à bord des navires.

Puisqu'on peut produire de l'électricité à partir du magnétisme, il n'est pas trop difficile d'imaginer que l'électricité puisse aussi provoquer un champ magnétique. Dans le présent chapitre, vous allez voir qu'on peut effectivement le faire.

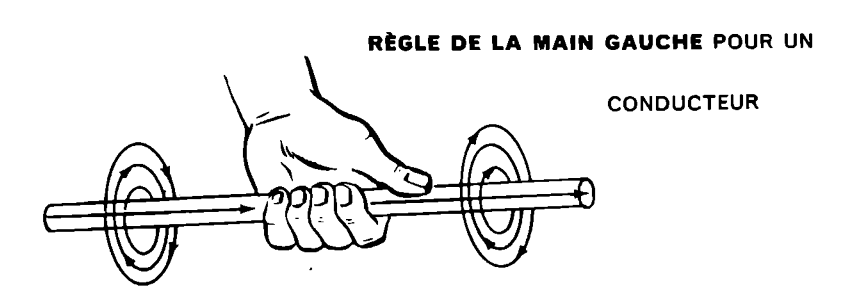
Dans le chapitre précédent, vous avez utilisé des aimants permanents pour provoquer un courant. Vous avez vu qu'on pouvait augmenter le courant produit en augmentant, soit le nombre de spires de fil conducteur, soit la vitesse de déplacement de la bobine, soit l'intensité du champ magnétique. Il est facile de réaliser les deux premières de ces conditions dans une génératrice électrique ordinaire, mais il est très difficile d'augmenter l'intensité d'un champ magnétique au-delà de certaines limites, au moins si l'on veut se servir d'un aimant permanent. Pourtant, pour produire de grandes quantités d'électricité, il faut avoir un champ magnétique très intense. Comme vous allez le voir, on peut atteindre ce but au moyen d'un électro-aimant. Les électro-aimants fonctionnent d'après le simple principe qu'on peut créer un champ magnétique en faisant passer un courant électrique par une bobine de fil conducteur.



Un champ électro-magnétique est un champ magnétique provoqué par un courant électrique qui traverse un fil conducteur. Chaque fois qu'il se produit un courant électrique, il se constitue un champ magnétique autour du conducteur, et le sens de ce champ magnétique dépend de la direction du courant dans le conducteur. Le schéma ci-dessous montre deux conducteurs qui sont traversés par des courants dans des sens différents. Lorsque le courant électrique se dirige de gauche à droite, le champ magnétique suit la direction inverse de celle des aiguilles d'une montre. Si l'on inverse le sens du courant, la direction du champ magnétique se trouve également inversée, comme vous le voyez ci-dessous. Dans la vue en coupe des champs magnétiques autour des deux conducteurs, le point au milieu du cercle représente le conducteur dans lequel le courant se dirige vers vous en sortant de la page, et la croix représente le conducteur dans lequel le courant se dirige en s'éloignant de vous, c'est-à-dire en entrant dans la page.



Il existe une relation bien déterminée entre le sens du courant dans un conducteur et le champ magnétique autour de celui-ci. Cette relation peut être exprimée par la règle de la main gauche, qui s'énonce comme suit : lorsqu'on prend un conducteur dans la main gauche de façon que le pouce pointe dans la direction du courant électronique, et que l'on ferme ensuite les doigts sur le conducteur, les doigts indiquent la direction du champ magnétique. Le schéma ci-dessous montre l'application de la règle de la main gauche, qui sert à déterminer la direction des lignes de force magnétiques autour d'un conducteur.

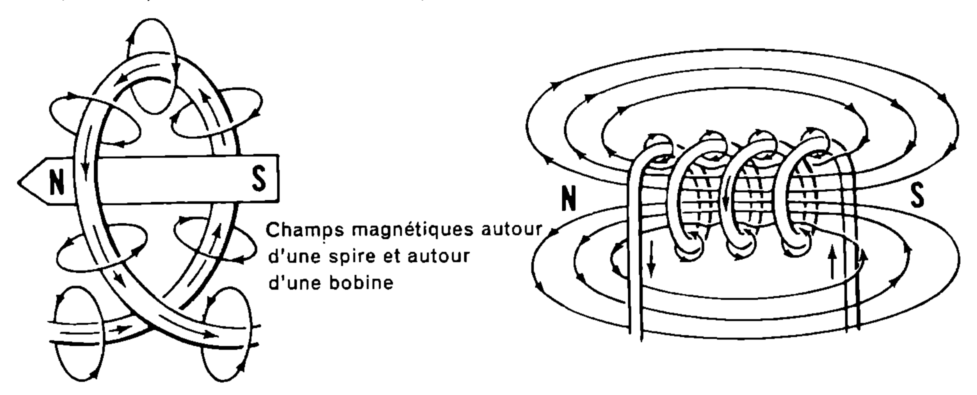


Rappelez-vous que cette règle de la main gauche se base sur la théorie électronique du courant (de la borne négative vers la borne positive), et qu'elle sert à déterminer la direction des lignes de force d'un champ électromagnétique.

CHAMP MAGNÉTIQUE D'UNE SPIRE OU D'UNE BOBINE

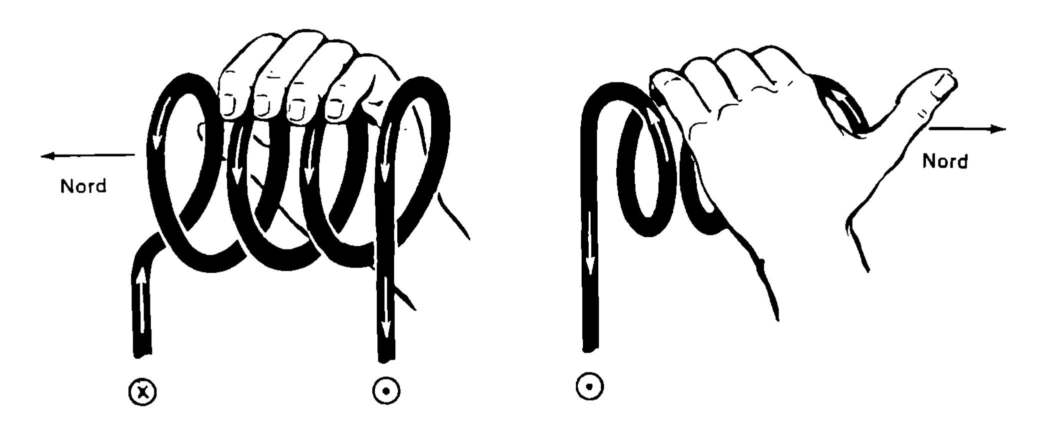
Voici un fait très important dont vous vous servirez bientôt : Une bobine de fil conducteur traversée par un courant agit comme un aimant. Lorsqu'on forme une spire de fil conducteur que l'on fait traverser par un courant, les lignes de force autour de ce fil sortent toutes d'un côté de la spire et y rentrent par l'autre côté. Ainsi, une spire de fil conducteur qui est traversée par un courant agit comme un aimant faible et possède un pôle nord et un pôle sud. Le pôle nord se trouve du côté par lequel les lignes de force quittent la spire, et le pôle sud se trouve du côté par lequel les lignes de force rejoignent la spire.

Si vous voulez augmenter l'intensité du champ magnétique autour de la spire, vous pouvez former une bobine se composant d'un grand nombre de spires. Les champs respectifs de toutes les spires ou boucles se trouvent alors en série et forment, à l'intérieur comme à l'extérieur de la bobine, un seul champ magnétique intense. Dans les espaces entre les spires, les lignes de force suivent des directions opposées et s'annulent les unes les autres. La bobine agit alors comme un fort aimant droit, dont le pôle nord se trouve du côté par lequel sortent les lignes de force.



Champs magnétiques autour d'une spire et autour d'une bobine

La règle de la main gauche pour déterminer le sens des lignes de force magnétiques s'applique aussi aux bobines. Si l'on ferme la main gauche sur la bobine de façon que les doigts pointent dans la direction du courant, le pouce indiquera l'extrémité de la bobine qui correspond au pôle nord.

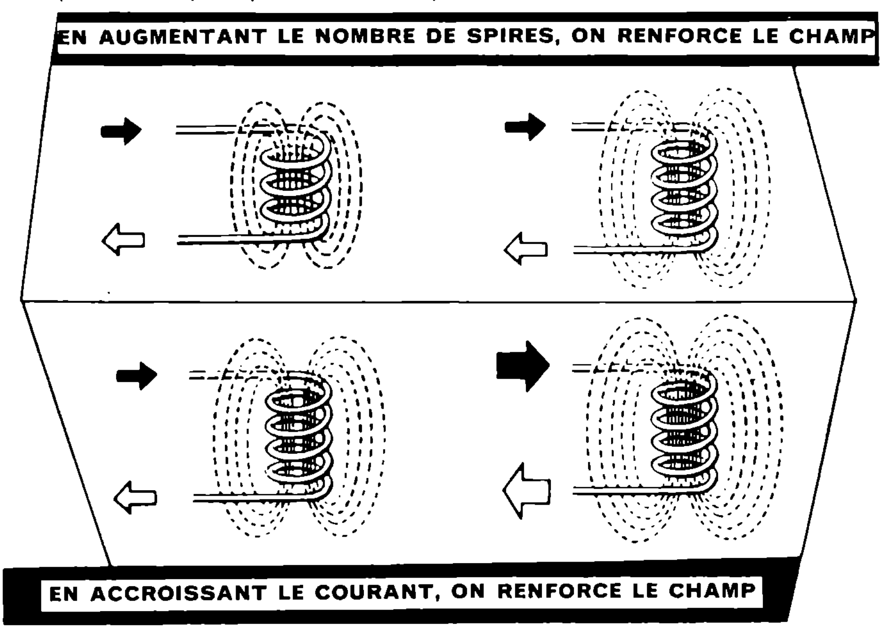


RÈGLE DE LA MAIN GAUCHE POUR BOBINES

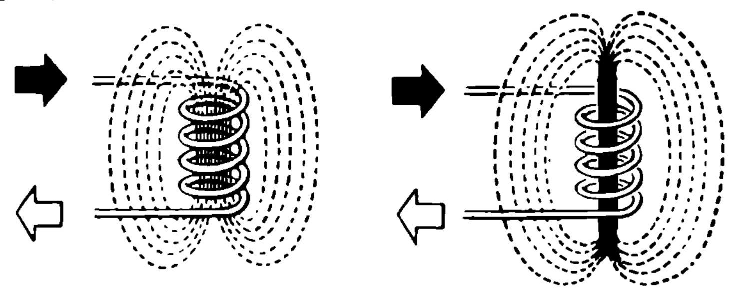
ÉLECTRO-AIMANTS

Lorsqu'on ajoute à une bobine traversée par un courant des spires supplémentaires, il en résulte une augmentation du nombre de lignes de force et, par conséquent, la bobine agit comme un aimant plus fort. Un accroissement du courant entraîne également un renforcement du champ magnétique, ce qui explique pourquoi les électro-aimants comportent un grand nombre de spires et sont alimentés par des courants aussi forts que le diamètre du fil conducteur le permet.

Pour comparer des bobines utilisant les mêmes noyaux ou des noyaux semblables, on se sert d'une unité de mesure appelée ampère-tour. Cette unité de mesure est égale au produit de l'intensité de courant exprimée en ampères par le nombre de spires.

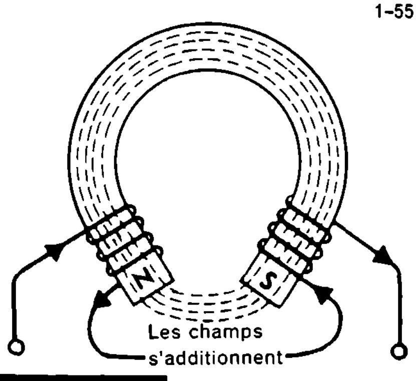


Bien qu'on puisse augmenter l'intensité du champ d'un électro-aimant en utilisant un grand nombre de spires ou en augmentant le courant, ces facteurs ne suffisent pas pour concentrer le champ assez fortement pour qu'on puisse l'utiliser dans une génératrice ordinaire. Pour accroître encore davantage le champ autour de la bobine, on insère dans celle-ci un noyau de fer. Comme le noyau de fer a beaucoup moins de réluctance (opposition) vis-à-vis des lignes de force de l'air, la densité du flux magnétique se trouve considérablement renforcée.



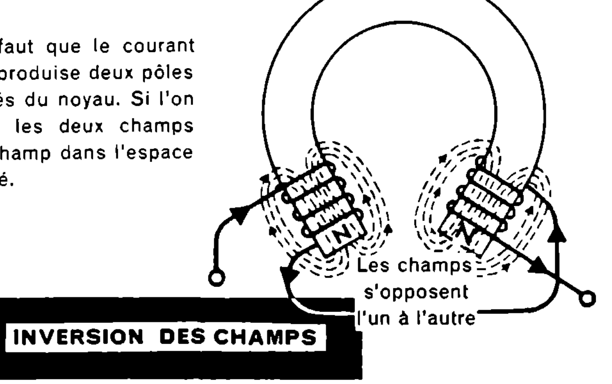
EN AJOUTANT UN NOYAU DE FER, ON AUGMENTE CONSIDÉRABLEMENT LA DENSITÉ DU FLUX MAGNÉTIQUE

Lorsque l'on donne au noyau de fer la forme d'un fer à cheval et que l'on utilise deux bobines enroulées chacune sur l'une des deux extrémités de l'aimant, comme vous le voyez ci-contre à droite, les lignes de force du champ traversent le fer à cheval et l'espace d'air entre ses deux bouts, ce qui crée un champ particulièrement dense dans cet espace. Plus on réduit l'espace entre les pôles, plus la densité du flux magnétique y est grande.



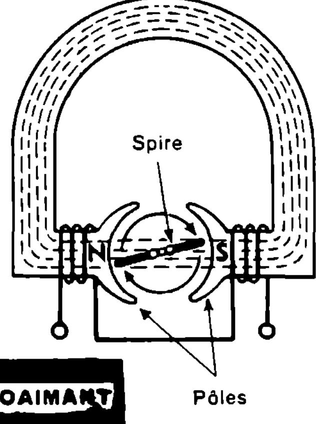
ÉLECTRO-AIMANT EN FER À CHEVAL

Pour provoquer un tel champ, il faut que le courant dans les bobines qui sont en série produise deux pôles magnétiques opposés aux extrémités du noyau. Si l'on inversait l'une des deux bobines, les deux champs s'opposeraient l'un à l'autre, et le champ dans l'espace compris entre les pôles serait annulé.



INVERSION DES CHAMPS

Dans les appareils de mesure électriques, on utilise des aimants permanents en forme de fer à cheval. Un type semblable d'électro-aimant est utilisé dans les moteurs et dans les génératrices électriques. Toutes ces utilisations reposent sur le placement, entre les pôles de l'aimant, d'un certain nombre de spires de fil conducteur.

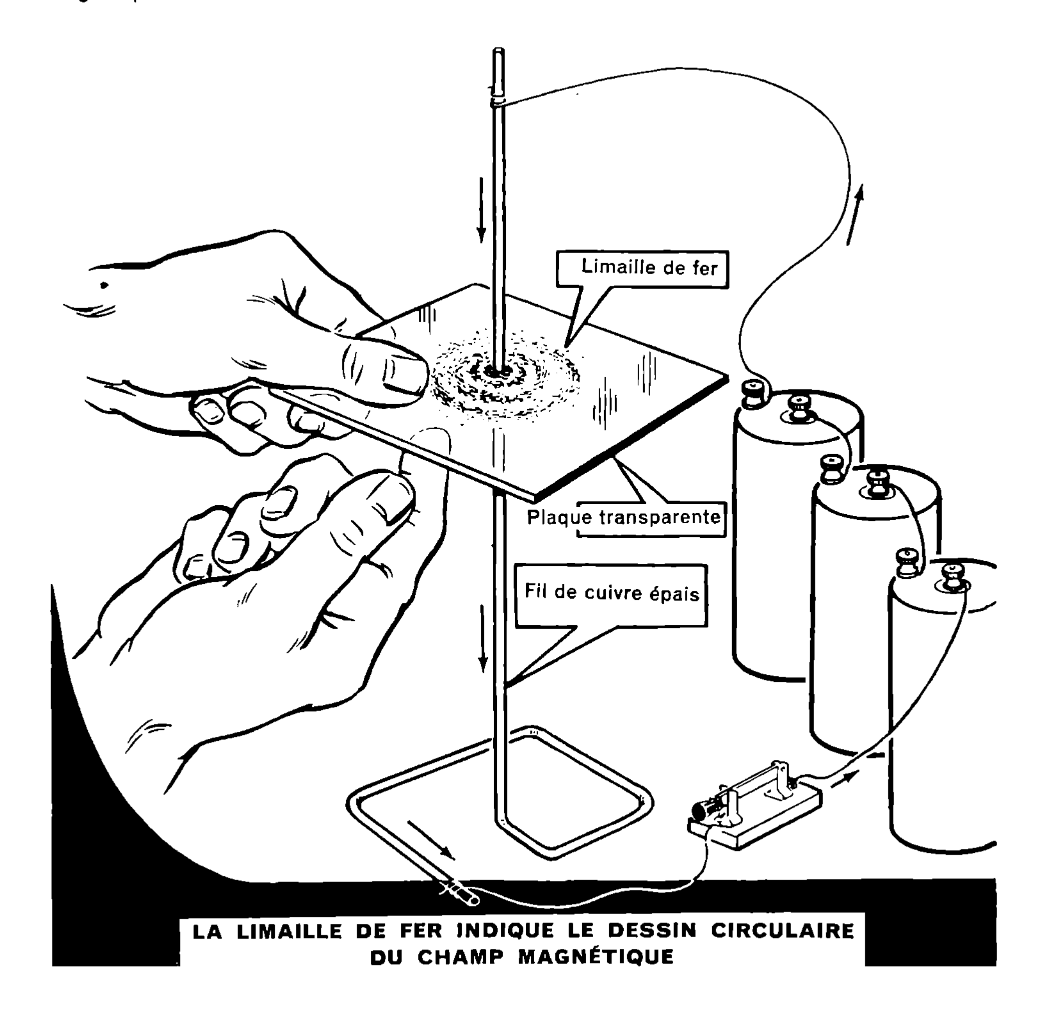


PÔLES D'UN ÉLECTROAIMANT

DÉMONSTRATION. CHAMP MAGNÉTIQUE AUTOUR D'UN CONDUCTEUR

Pour montrer qu'un champ magnétique existe effectivement autour de tout conducteur traversé par un courant, le professeur monte un fil de cuivre de forte section en série avec un interrupteur et il branche l'ensemble sur une batterie de piles sèches. Il coude le fil de cuivre de façon qu'il se maintienne dans la verticale et lui fait traverser une plaque de matière transparente qui est maintenue dans l'horizontale. Lorsqu'il ferme ensuite l'interrupteur, il étale de la limaille de fer sur la plaque. La limaille de fer a la propriété de s'aligner suivant les lignes de force d'un champ magnétique. Pour faciliter cet alignement, on secoue légèrement la plaque transparente.

Vous voyez que la limaille de fer forme des cercles concentriques, ce qui montre que les lignes de force magnétiques forment, elles aussi, un dessin circulaire autour du conducteur. Pour montrer que ce dessin circulaire est effectivement produit par les lignes de force du champ magnétique, le professeur ouvre l'interrupteur et étale la limaille de fer de façon égale sur la plaque transparente, après quoi, il répète la démonstration. Vous voyez que, chaque fois que le conducteur est traversé par un courant électrique, la limaille de fer forme un dessin circulaire représentant le champ magnétique autour du conducteur.



LA LIMAILLE DE FER INDIQUE LE DESSIN CIRCULAIRE DU CHAMP MAGNÉTIQUE

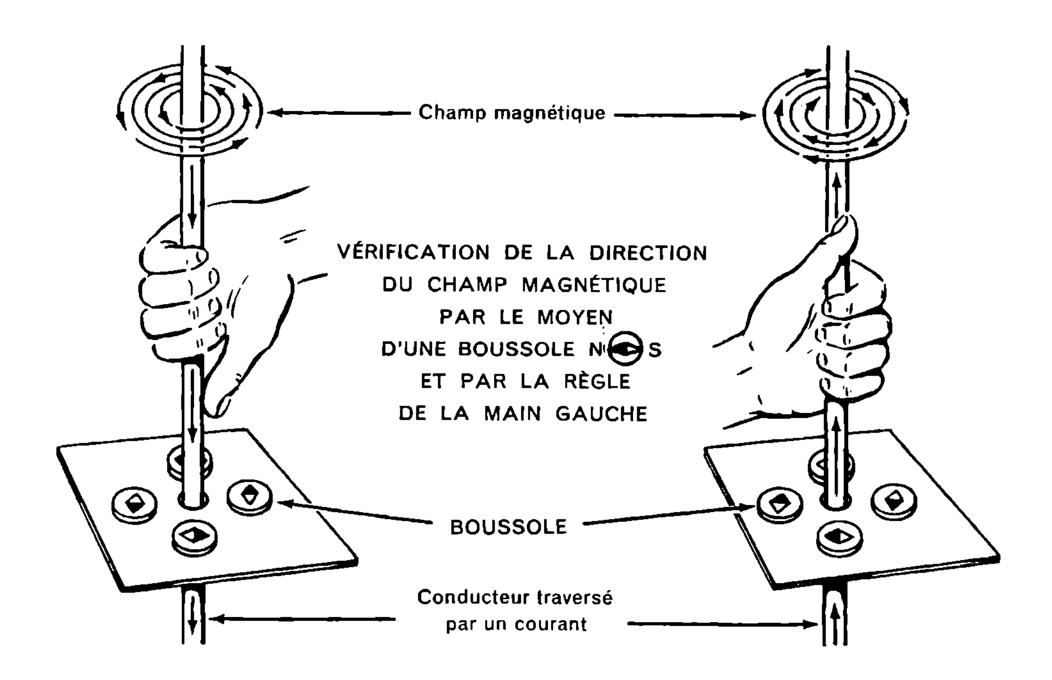
Pour démontrer quel est le sens que suit le champ magnétique autour d'un conducteur traversé par un courant, on utilise une aiguille de boussole (aiguille aimantée).

Une aiguille de boussole n'est rien d'autre qu'un petit aimant droit qui s'aligne avec les lignes de force d'un champ magnétique. De la démonstration précédente, vous avez retenu que le champ magnétique était circulaire. C'est pourquoi l'aiguille de boussole formera toujours, avec le conducteur, un angle droit.

On enlève la limaille de fer de la plaque transparente, et on y place l'aiguille de boussole à une distance de 5 cm environ du conducteur. Tant que le conducteur n'est pas traversé par un courant, le pôle nord de l'aiguille de boussole indique la direction du pôle nord de la Terre. Mais lorsqu'un courant traverse le conducteur, l'aiguille s'aligne aussitôt de façon qu'elle forme un angle droit avec le rayon tracé à partir du conducteur. Lorsqu'on déplace l'aiguille et qu'on lui fait effectuer un tour autour du conducteur, elle se maintient toujours à angle droit par rapport au conducteur. Cela prouve que le champ magnétique autour du conducteur est effectivement circulaire.

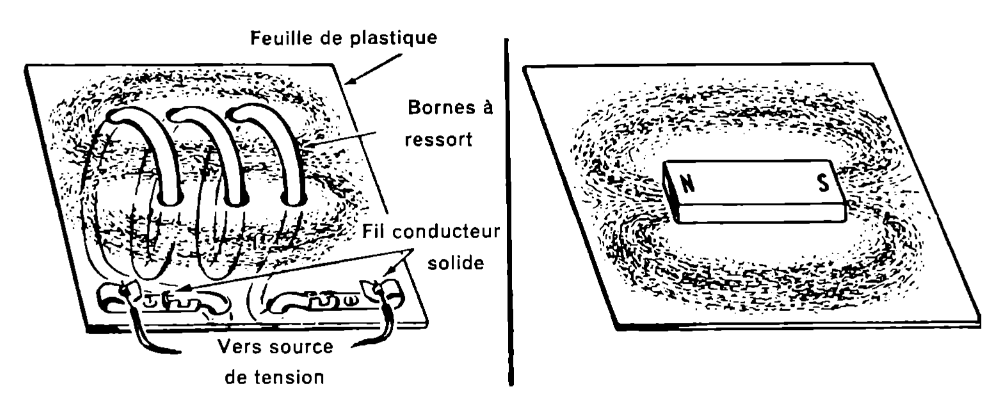
En utilisant la règle de la main gauche, vous pouvez vérifier la direction du champ magnétique indiquée par l'aiguille de la boussole. Vous constaterez que la direction dans laquelle les doigts se ferment autour du conducteur est la même que celle qu'indique le pôle nord de l'aiguille.

Si l'on inverse le courant dans le conducteur, l'aiguille de boussole pointe dans la direction opposée, ce qui indique que le sens du champ magnétique a été inversé. La règle de la main gauche vous permet de vérifier cette observation.



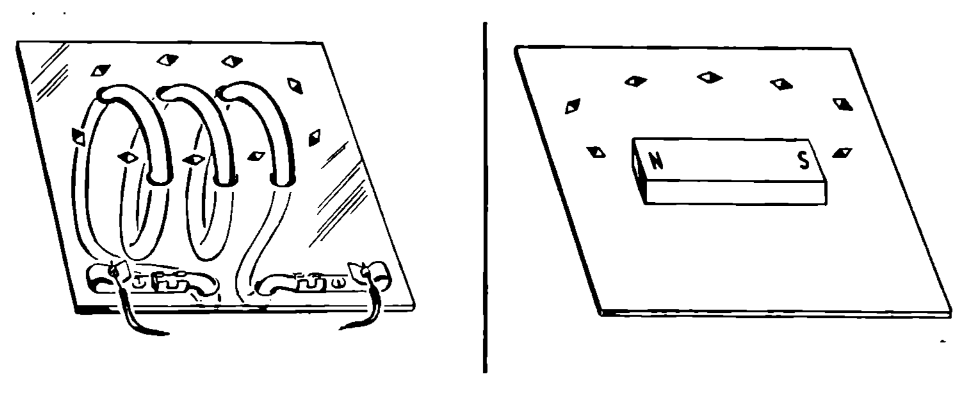
DÉMONSTRATION. CHAMPS MAGNÉTIQUES AUTOUR D'UNE BOBINE

Pour montrer quel genre de champ magnétique se constitue autour d'une bobine de fil conducteur, le professeur utilise une plaque transparente avec un enroulement de fil conducteur qui forme une bobine, comme vous le voyez ci-dessous. Le reste du circuit est le même que dans la démonstration précédente. Le professeur étale de la limaille de fer sur la plaque transparente et fait passer un courant par la bobine. Lorsqu'il secoue légèrement la plaque, la limaille de fer s'aligne selon les lignes de force magnétiques. Remarquez que la limaille forme exactement le même dessin que lorsqu'on faisait la même expérience avec un aimant droit.



LIMAILLE DE FER INDIQUANT LE CHAMP MAGNÉTIQUE AUTOUR D'UNE BOBINE

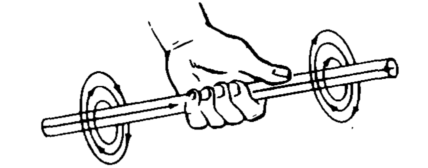
Si on enlève la limaille de fer et que l'on place une aiguille de boussole à l'intérieur de la bobine, l'aiguille s'aligne avec l'axe de la bobine, le pôle nord de l'aiguille indiquant le pôle nord de la bobine. Rappelez-vous qu'à l'intérieur d'un aimant, les lignes de force magnétiques se dirigent du pôle sud vers le pôle nord. On peut aussi déterminer le pôle nord de la bobine par application de la règle de la main gauche pour bobines. Si l'on place la boussole à l'extérieur de la bobine, et qu'on la déplace lentement du pôle nord vers le pôle sud, l'aiguille de la boussole s'aligne sur la direction du champ magnétique. Lorsqu'on inverse le courant dans la bobine, l'aiguille de la boussole pointe dans la direction inverse.



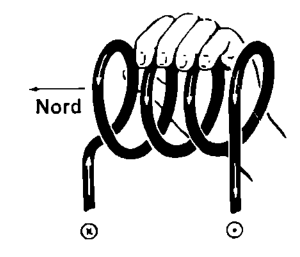
VÉRIFICATION DE LA DIRECTION DU CHAMP MAGNÉTIQUE AVEC UNE BOUSSOLE

RÉCAPITULATION. ÉLECTROMAGNÉTISME

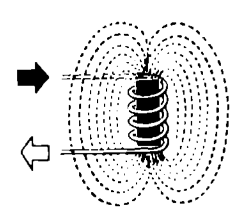
CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE — Lorsqu'un courant traverse un fil conducteur, il crée, autour de celui-ci, un champ magnétique dont la direction est déterminée par le sens du courant. Cette direction du champ magnétique peut être déterminée par application de la règle de la main gauche pour conducteurs traversés par des courants électriques.



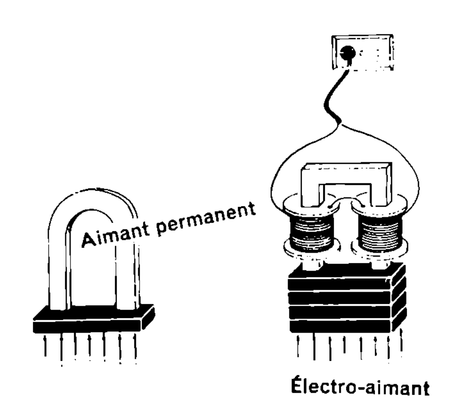
CHAMP MAGNÉTIQUE D'UNE SPIRE OU D'UNE BOBINE — Une spire de fil conducteur produit, exactement comme un aimant droit, un champ magnétique. Si un certain nombre de spires forment une bobine, il en résulte un champ magnétique plus intense. Pour déterminer la polarité magnétique de cette bobine, on applique la règle de la main gauche pour bobines.



FORCE DU CHAMP — Lorsqu'on augmente le nombre de spires d'une bobine ou le courant dans celle-ci, il en résulte un renforcement du champ magnétique. En insérant dans la bobine un noyau de fer, on obtient une concentration considérable du champ (augmentation de la densité du flux magnétique) aux extrémités de la bobine. L'ampère-tour par centimètre est l'unité utilisée pour comparer la grandeur de différents champs magnétiques.



CHAMPS D'UN AIMANT PERMANENT ET D'UN ÉLECTRO-AIMANT — Le champ d'un électro-aimant est beaucoup plus grand que celui d'un aimant permanent. Dans la plupart des machines électriques, on utilise des champs électromagnétiques. Lorsqu'on utilise un électro-aimant, on peut modifier l'intensité de son champ en faisant varier l'intensité du courant dans les bobines du champ.



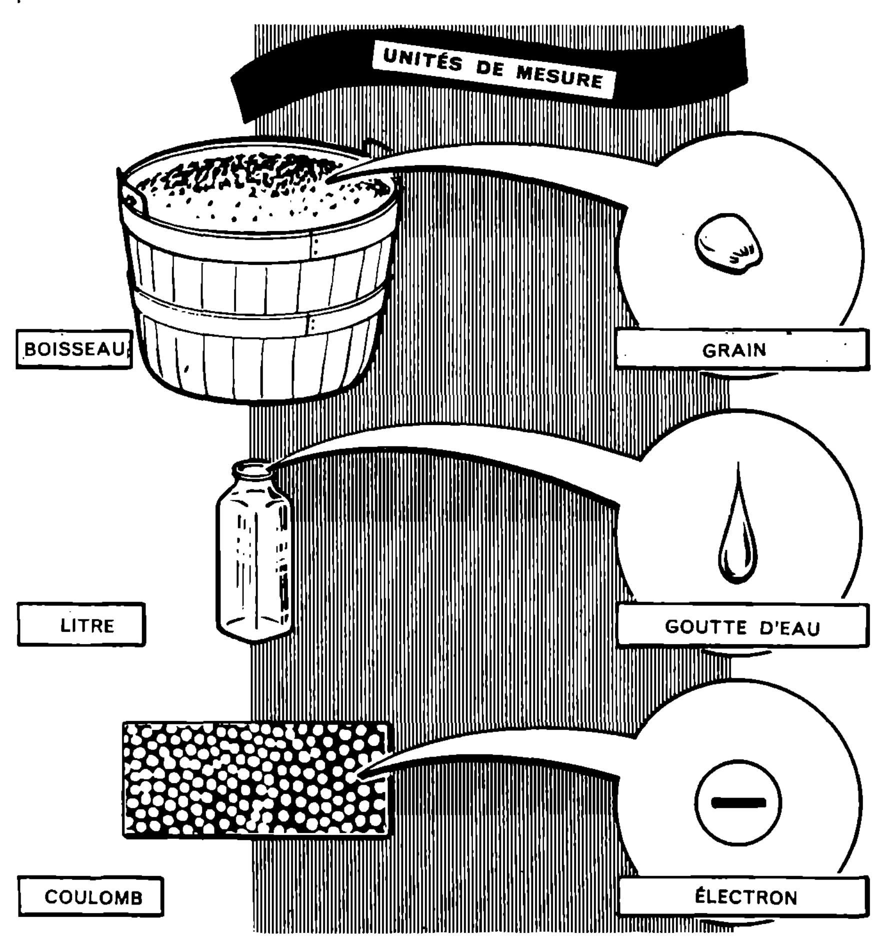
MESURE DU COURANT

COMMENT ON MESURE DES CHARGES ÉLECTRIQUES

Lorsque vous travaillerez avec des charges électriques soit statiques soit en mouvement sous forme d'un courant, il vous faudra une unité de mesure pour exprimer la quantité de charge électrique. La quantité de base est constituée par l'électron, mais, comme la charge de l'électron est infiniment petite et que l'électron lui-même est si petit qu'on ne peut même pas le voir, il vous faudra une unité de mesure plus pratique.

Vous savez comment on mesure, par exemple, des quantités de grains. Comme chaque grain seul est trop petit pour servir d'unité de base, on utilise comme unité de mesure plus pratique le boisseau qui contient plusieurs millions de grains. De la même manière, on mesure l'eau non pas en comptant les gouttes, mais en litres. Pour exprimer des quantités de charge électrique, on se sert d'une unité appelée coulomb, un coulomb représentant à peu près 6,28 millions de millions de millions d'électrons.

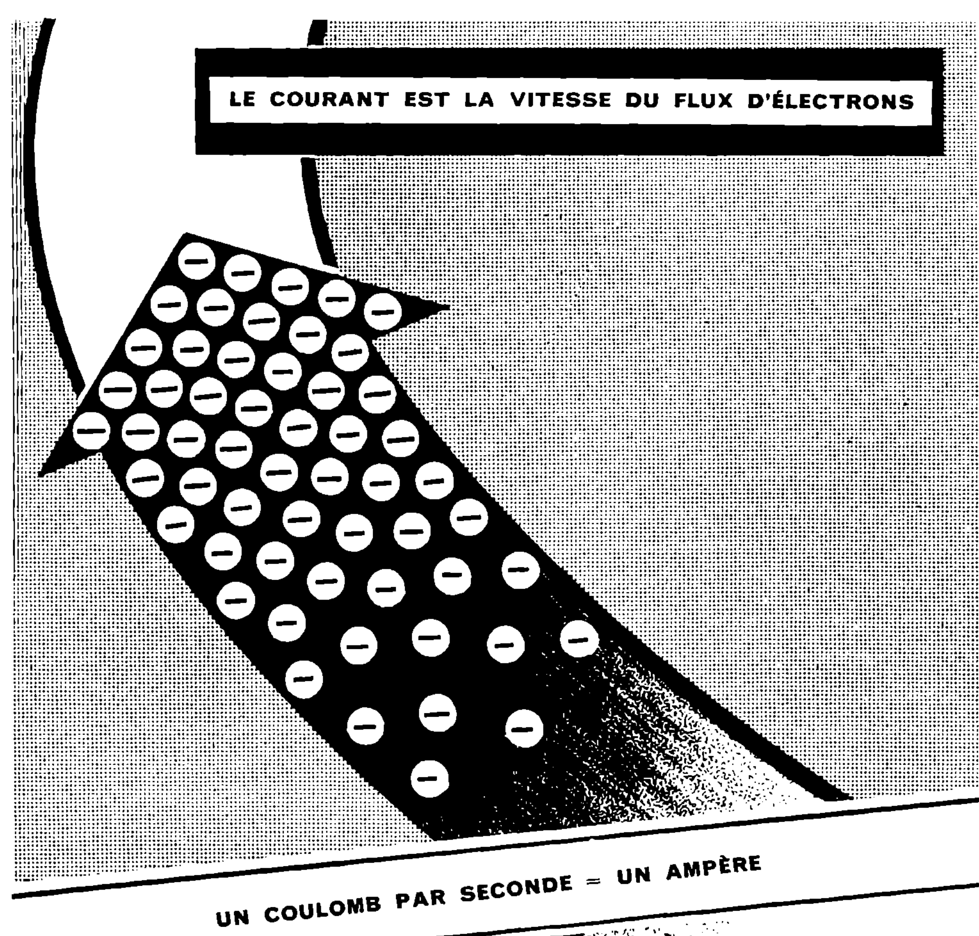
Le coulomb sert à mesurer des charges électriques ou des nombres d'électrons, que ceux-ci soient au repos ou en mouvement.



UNITÉS D'INTENSITÉ DE COURANT

L'intensité du courant indique combien d'électrons par unité de temps passent par une matière donnée. Le coulomb exprime un nombre d'électrons. On peut donc, en comptant le nombre de coulombs qui passent par une matière donnée et en un temps déterminé, mesurer l'intensité du courant. L'unité de mesure pour l'intensité du courant est appelée ampère. Lorsque, en une seconde, un coulomb d'électrons passent par une matière déterminée, on dit que l'intensité du courant est de 1 ampère. Lorsque deux coulombs d'électrons par seconde passent par cette matière, l'intensité du courant est de 2 ampères, etc.

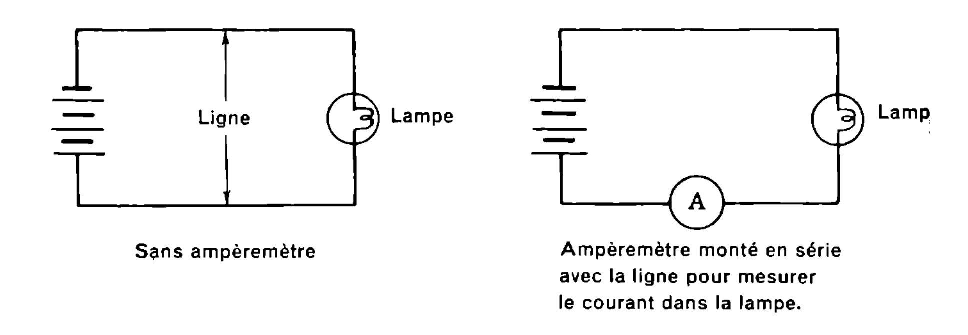
Puisque l'ampère exprime un coulomb par seconde, l'ampère est une unité de vitesse à laquelle les électrons traversent une matière. Par contre, le coulomb qui représente le nombre d'électrons d'une charge est une unité de quantité.



UNITÉS DE MESURE POUR L'INTENSITÉ DU COURANT

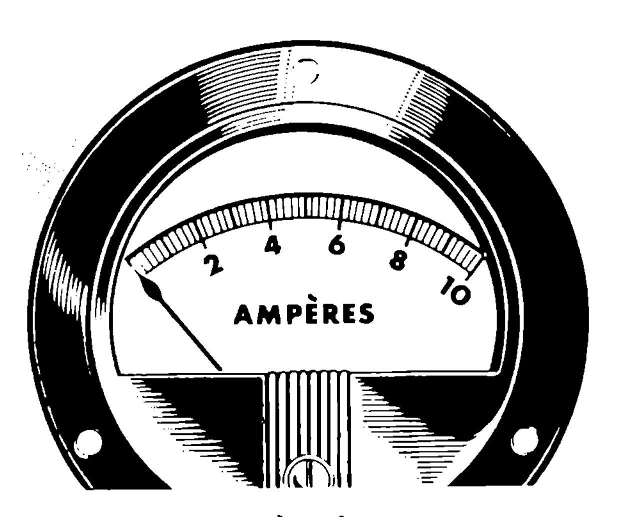
Lorsque vous travaillez avec de l'électricité, il vous faut un moyen qui permette de mesurer l'intensité du courant dans une matière. On prend ces mesures à l'aide d'un ampèremètre qui indique en ampères le nombre d'électrons qui passent par seconde.

Lorsque l'on veut mesurer la quantité de courant dans un circuit, on monte toujours l'ampèremètre en série avec la ligne d'alimentation du circuit, faute de quoi l'ampèremètre serait endommagé. Comme un ampèremètre indique la vitesse du mouvement des électrons exactement comme un compteur dans un système hydraulique, qui indique la vitesse à laquelle sont consommés les litres d'eau, il faut, pour mesurer correctement la quantité de courant consommée, insérer l'ampèremètre directement dans le circuit (en interrompant ou en ouvrant celui-ci pour permettre l'insertion de l'ampèremètre).



Sans ampèremètre

Ampèremètre monté en série avec la ligne pour mesurer le courant dans la lampe.



AMPÈREMÈTRE

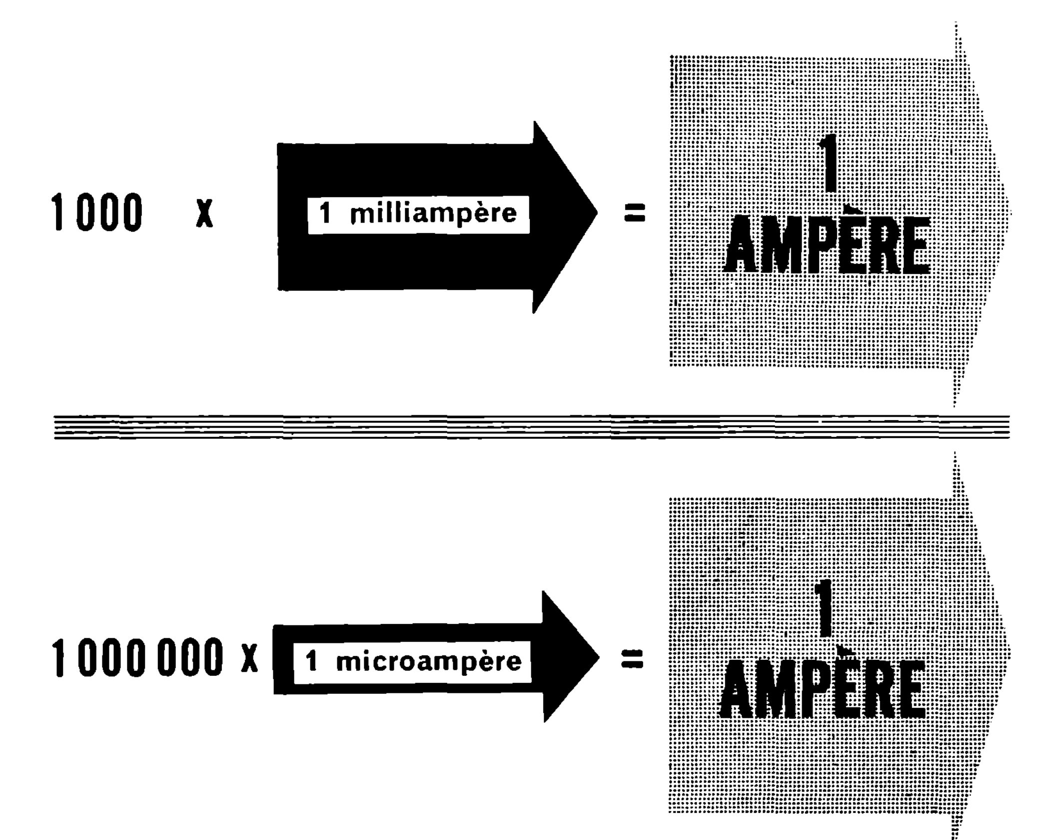


Chaque fois que vous utilisez un ampèremètre, l'aiguille indique sur l'échelle le nombre d'ampères qui est en même temps le nombre de coulombs par seconde passant par l'ampèremètre.

MESURE DE FAIBLES COURANTS

Tout en étant l'unité de base pour toute mesure de courant, l'ampère n'est pas toujours l'unité la plus pratique. En effet, les courants dépassent rarement 1000 ampères, mais il arrive souvent qu'ils ne sont que de l'ordre d'un millième d'ampère. Pour mesurer des courants inférieurs à 1 ampère, on a donc besoin d'une autre unité de mesure. Lorsqu'on a une tasse d'eau, on ne va pas mesurer cette quantité en litres, et lorsqu'il s'agit des quantités d'eau fournies par une pompe, on ne va pas les mesurer en tasses. Quelle que soit la mesure que l'on veut prendre, il faut toujours une unité appropriée. Puisque les courants dépassent rarement 1000 ampères, on peut très bien utiliser l'ampère comme unité de mesure pour des courants qui dépassent 1 ampère. Par contre, il n'est pas pratique d'utiliser l'ampère comme unité de mesure pour des courants inférieurs à un ampère.

Lorsque le courant se situe entre un millième d'ampère et un ampère, l'unité de mesure utilisée est le milliampère (en abréviation mA) qui est égal au millième d'un ampère. Pour des courants qui sont inférieurs à un milliampère, on utilise le microampère, qui est égal au millionième d'un ampère. Les appareils de mesure qui servent à mesurer des milliampères, sont appelés milliampèremètres, tandis que ceux qui servent à mesurer des microampères sont appelés microampèremètres. Les unités de mesure se subdivisent de telle sorte qu'on peut facilement convertir une unité quelconque, soit en une unité plus grande, soit en une unité plus petite. Par exemple, dans les unités de capacité, 1 litre vaut 10 décilitres, et 2 demi-litres valent également 10 décilitres; ci-dessous, vous voyez la relation qui existe entre les unités de courant.



CONVERSION DES UNITÉS DE MESURE DE COURANT

Pour travailler avec de l'électricité, il faut que vous sachiez convertir les unités de mesure les unes dans les autres. Puisqu'un milliampère (mA) est le millième d'un ampère, on peut convertir des milliampères en ampères en déplaçant la virgule de trois chiffres à gauche. Par exemple, 35 milliampères sont égaux à 0,035 ampère. Pour obtenir la solution correcte, il faut procéder en deux étapes. D'abord, il faut placer la virgule à sa place initiale. Puis, on la déplace de trois chiffres à gauche, ce qui revient à convertir les milliampères en ampères. Lorsqu'un nombre ne comporte pas de virgule, celle-ci est censée suivre le dernier chiffre du nombre. Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, le virgule se trouve initialement après le chiffre 5 et, pour convertir des milliampères en ampères, il faut déplacer la virgule de trois chiffres à gauche. Comme il n'y a que deux chiffres à gauche de la virgule, il faut ajouter deux zéros à gauche du nombre pour avoir les chiffres nécessaires qui forment le nombre résultant.

Pour convertir des milliampères en ampères, vous déplacez la virgule à droite au lieu de la déplacer à gauche. Par exemple, 0,125 ampère est égal à 125 milliampères et 16 ampères sont égaux à 16 000 milliampères. Dans le premier exemple, la virgule a été déplacée de trois chiffres à gauche de sa place initiale, et dans le deuxième exemple, on a ajouté trois zéros pour les places supplémentaires.

CONVERSION DE MILLIAMPÈRES EN AMPÈRES

35 milliampères = ? ampère

Déplacez la virgule de trois chiffres à gauche.

35 MILLIAMPÈRES = 0,035 AMPÈRE

CONVERSION D'AMPÈRES EN MILLIAMPÈRES

0,125 ampère = ? milliampères

Déplacez la virgule de trois chiffres à droite.

0,125 AMPÈRE = 125 MILLIAMPÈRES

VIRGULE

Supposez que vous ayez un courant de 125 microampères et que vous ayez besoin d'exprimer ce courant en ampères. Lorsque vous voulez convertir une grande unité de mesure en une petite, vous déplacez la virgule à droite. Inversement, lorsque vous voulez convertir une petite unité de mesure en une grande, vous déplacez la virgule à gauche. Puisqu'un microampère est le millionième d'un ampère, l'ampère est la plus grande des deux unités. Convertir des microampères en ampères revient donc à convertir une petite unité de mesure en une grande et, par conséquent, la virgule doit être déplacée à gauche. Pour convertir des millionièmes d'une unité en unités entières, il faut déplacer la virgule de six chiffres à gauche. 125 microampères sont donc égaux à 0,000125 ampère. Dans le nombre de 125 microampères, la virgule se trouve après le 5, et pour pouvoir déplacer la virgule de six chiffres à gauche, vous devez ajouter trois zéros avant le 125. Pour convertir des microampères en milliampères, la virgule n'est déplacée que de trois chiffres à gauche, ce qui montre que 125 microampères sont égaux à 0,125 milliampère.

Si vous avez un courant exprimé en ampères et que vous voulez l'exprimer en microampères, vous devez déplacer la virgule de six chiffres à droite. Par exemple, 3 ampères sont égaux à 3 000 000 microampères, car la virgule après le 3 est déplacée de six chiffres à droite, en même temps qu'on ajoute six zéros pour les places qui manquent. Pour convertir des milliampères en microampères, il faut déplacer la virgule de trois chiffres à droite. Par exemple, 125 milliampères sont égaux à 125 000 microampères. Ici encore, on ajoute trois zéros.

CONVERSION DES UNITÉS DE COURANT

MICROAMPÈRES EN AMPÈRES

Déplacez la virgule de six chiffres à gauche.

125 microampères = 0,000125 ampère

MICROAMPÈRES EN MILLIAMPÈRES

Déplacez la virgule de trois chiffres à gauche.

125 microampères = 0,125 milliampère

AMPÈRES EN MICROAMPÈRES

Déplacez la virgule de six chiffres à droite.

3 ampères = 3 000 000 microampères

MILLIAMPÈRES EN MICROAMPÈRES

Déplacez la virgule de trois chiffres à droite.

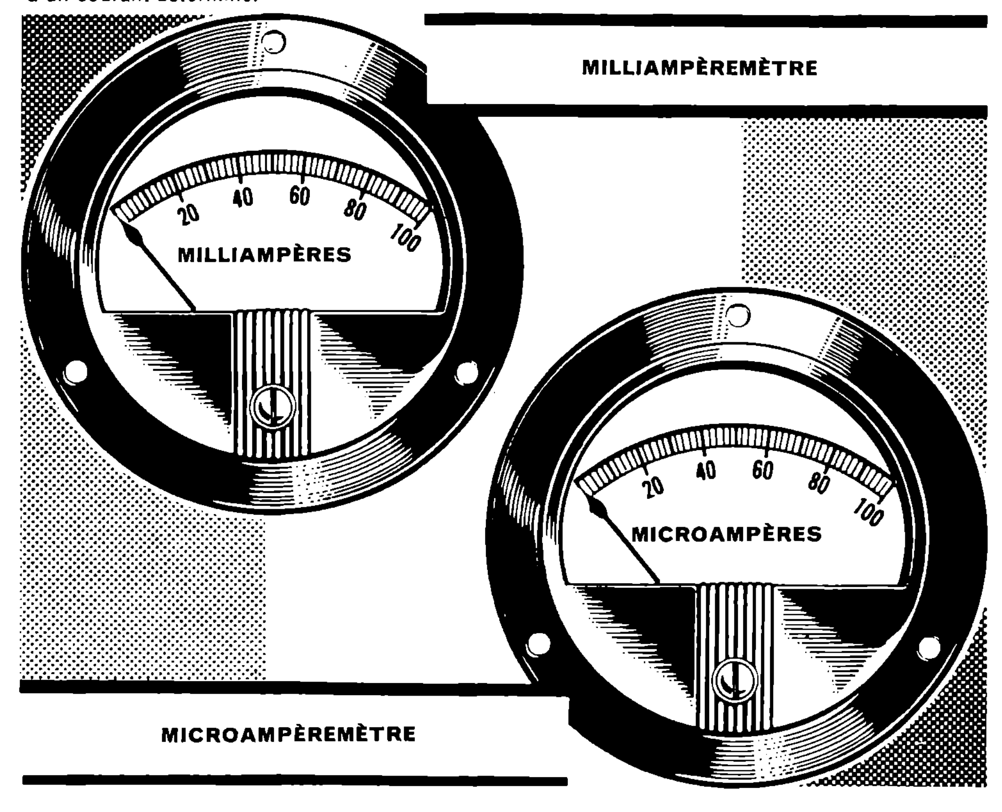
125 milliampères = 125 000 microampères

MILLIAMPÈREMÈTRES ET MICROAMPÈREMÈTRES

En réalité, un ampèremètre qui est calibré pour 0-1 ampère, est un milliampèremètre avec une gamme pour 0-1 000 milliampères. Comme on a rarement besoin des fractions d'ampères, la gamme de 0-1 ampère donne, pour une mesure de 1/2 ampère, 0,5 ampère ou 500 milliampères. Pour des courants au-dessous de 1 ampère, on utilise des milliampèremètres et des microampèremètres.

Si vous travaillez avec des courants entre 1 milliampère et 1 000 milliampères, vous utiliserez des milliampèremètres pour mesurer les courants. Pour des courants inférieurs à un milliampère, vous utiliserez des microampèremètres avec des calibres appropriés. Lorsqu'on veut mesurer des courants très faibles qui n'atteignent même pas 1 microampère, on utilise des appareils de mesure de laboratoire appelés galvanomètres. Normalement, vous n'aurez pas besoin de galvanomètre, puisque les courants dans les appareils électriques se situent entre 100 microampères et 100 ampères et peuvent être mesurés, soit avec un microampèremètre, soit avec un milliampèremètre ou avec un ampèremètre de calibre approprié. Comme celles des ampèremètres, les échelles des milliampèremètres et celles des microampèremètres sont graduées en multiples de 5 ou de 10, puisque ces multiples peuvent facilement être convertis en d'autres unités.

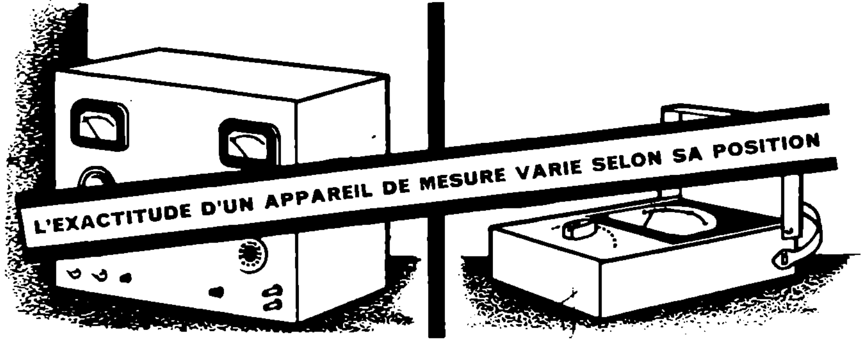
Lorsque vous vous servez d'un appareil de mesure pour un courant, la valeur maximum de la gamme de votre appareil doit toujours être supérieure à la valeur maximum des courants que vous voulez mesurer. Pour éviter d'endommager l'appareil de mesure, il est bon de prendre d'abord un appareil calibré pour des valeurs de courant de beaucoup supérieures à celle que vous attendez, ce qui vous permet ensuite de déterminer quel calibre de mesure est approprié pour obtenir une mesure exacte d'un courant déterminé.



COMMENT PRENDRE DES MESURES

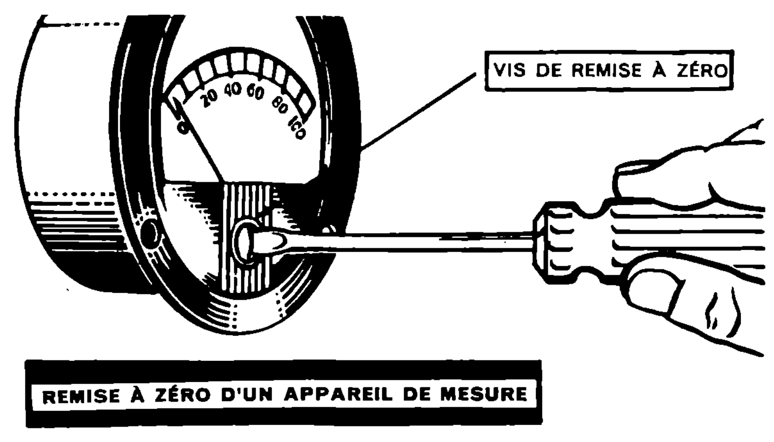
Lorsque vous travaillez avec de l'électricité, il faut que vous sachiez prendre des mesures exactes pour savoir si vos appareils fonctionnent correctement et, s'ils ne fonctionnent pas correctement pour détecter les défauts. Il existe beaucoup de facteurs qui peuvent être responsables de mesures inexactes, et il faut que vous vous rappeliez ces facteurs lorsque vous vous servez d'un appareil de mesure. Vous trouverez, par exemple, que toute l'échelle d'un appareil de mesure n'est pas utilisable pour prendre des mesures exactes. Les mesures les plus exactes s'obtiennent, avec presque tous les appareils de mesure, lorsque l'aiguille se trouve à peu près au centre de l'échelle. Chaque fois que vous mesurez un courant, que ce soit avec un ampèremètre, un milliampèremètre ou un microampèremètre, vous avez donc intérêt à choisir le calibre de façon que l'aiguille soit le plus près possible du milieu de l'échelle.

Tous les appareils de mesure ne peuvent pas être utilisés indifféremment en position verticale et en position horizontale. La construction mécanique de nombreux appareils de mesure cause, en effet, des variations d'exactitude importantes selon que l'appareil de mesure est utilisé en position horizontale ou en position verticale. Généralement, les appareils de mesure à montage sur panneau sont destinés à être employés en position verticale. Par contre, les appareils de mesure de nombreux appareils de dépannage et ceux de certains appareils électriques sont destinés à être employés en position horizontale.



L'EXACTITUDE D'UN APPAREIL DE MESURE VARIE SELON SA POSITION

Une vis de remise à zéro sur la face de l'appareil de mesure permet de ramener l'aiguille de l'appareil à zéro, lorsqu'il n'y a pas de courant. Cette remise à zéro se fait avec un petit tournevis. On devrait procéder à cette remise à zéro chaque fois qu'on constate que l'aiguille ne prend pas la position zéro en l'absence de courant et surtout lorsque sa position, verticale ou horizontale, doit être modifiée.



REMISE À ZÉRO D'UN APPAREIL DE MESURE

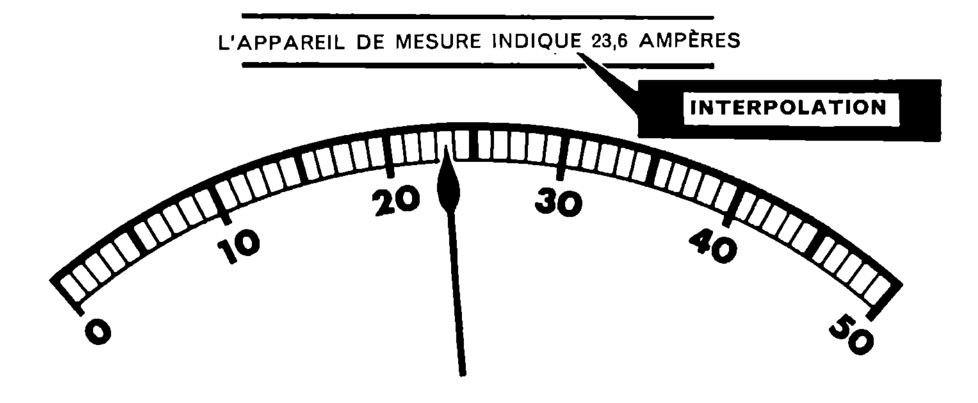
Les échelles d'appareils de mesure sont subdivisées en sections égales. Normalement, une échelle comporte trente à cinquante sections. Pour prendre une mesure, il faut toujours se placer droit devant l'échelle de l'appareil de mesure. Comme les divisions de l'échelle sont petites et que l'aiguille n'est pas directement en contact avec l'échelle, on obtiendrait facilement des mesures inexactes pouvant varier d'une division entière de l'échelle si l'on regardait l'aiguille de côté. Ce type de mesure inexacte porte le nom de « parallaxe ». La plupart des appareils de mesure sont, par leur construction même, légèrement inexacts et, si l'on ajoute encore à ce fait par une mesure parallaxe, on risque d'obtenir une mesure fortement faussée.

MESURE CORRECTE

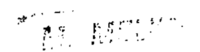
MESURE INCORRECTE

PARALLAXE

Lorsque l'aiguille indique une valeur de courant entre deux divisions de l'échelle, on retient généralement la division la plus proche de l'aiguille comme celle indiquant la valeur du courant. Cependant, si l'on désire une mesure plus précise, on peut évaluer la position de l'aiguille entre ces deux divisions, et l'on ajoute la valeur de la déviation de l'aiguille comprise entre les deux divisions de l'échelle à la plus petite des deux valeurs. Cette évaluation de la position de l'aiguille s'appelle « interpolation ». Vous utiliserez ce procédé très souvent en électricité.



PARTIE UTILISABLE DE LA GAMME

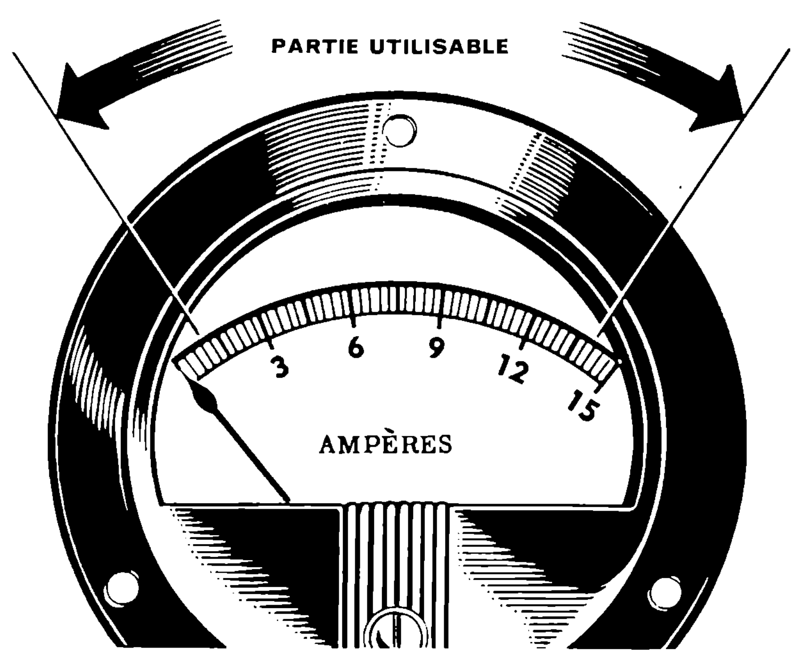


Le calibre d'un appareil de mesure vous donne la valeur maximum du courant que vous pouvez mesurer avec cet appareil. Si vous faisiez passer un courant plus fort par l'appareil de mesure, celui-ci en serait gravement endommagé. Lorsqu'un ampèremètre est calibré pour 0-15 ampères, il mesurera n'importe quel courant inférieur à 15 ampères, mais tout courant supérieur à 15 ampères endommagera l'appareil.

Bien qu'un appareil de mesure puisse avoir une gamme de 0-15 ampères, la partie utilisable de cette gamme pour prendre des mesures est limitée entre 1 et 14 ampères environ. En effet, lorsque l'appareil indique 15 ampères, le courant réel peut être beaucoup plus élevé, car l'appareil ne peut indiquer plus de sa valeur maximum. C'est pourquoi la valeur maximum qu'on puisse mesurer avec un appareil de mesure est toujours légèrement inférieure à la valeur maximum de la gamme de cet appareil. D'autre part, il serait difficile d'obtenir, avec une gamme de 0-15 ampères, une mesure exacte d'un courant de 0,1 ampère, parce que ce courant ne causerait pas une déviation de l'aiguille assez sensible pour qu'on puisse mesurer précisément sa valeur.

Des courants inférieurs à 0,001 ampère ne provoqueraient même aucune déviation de l'aiguille d'un tel appareil de mesure. Ceci montre que la partie utilisable de la gamme de mesure ne s'étend jamais jusqu'à zéro, mais qu'elle est limitée entre le maximum utilisable et le point à partir duquel l'aiguille s'écarte de zéro.

Les gammes de mesure d'ampèremètres sont généralement subdivisées en multiples de 5 ou de 10 comme, par exemple, de 0-5 ampères, de 0-50 ampères, etc. Des gammes dont les valeurs maximum dépassent 100 ampères sont peu courantes, car on utilise rarement des courants supérieurs à 100 ampères.



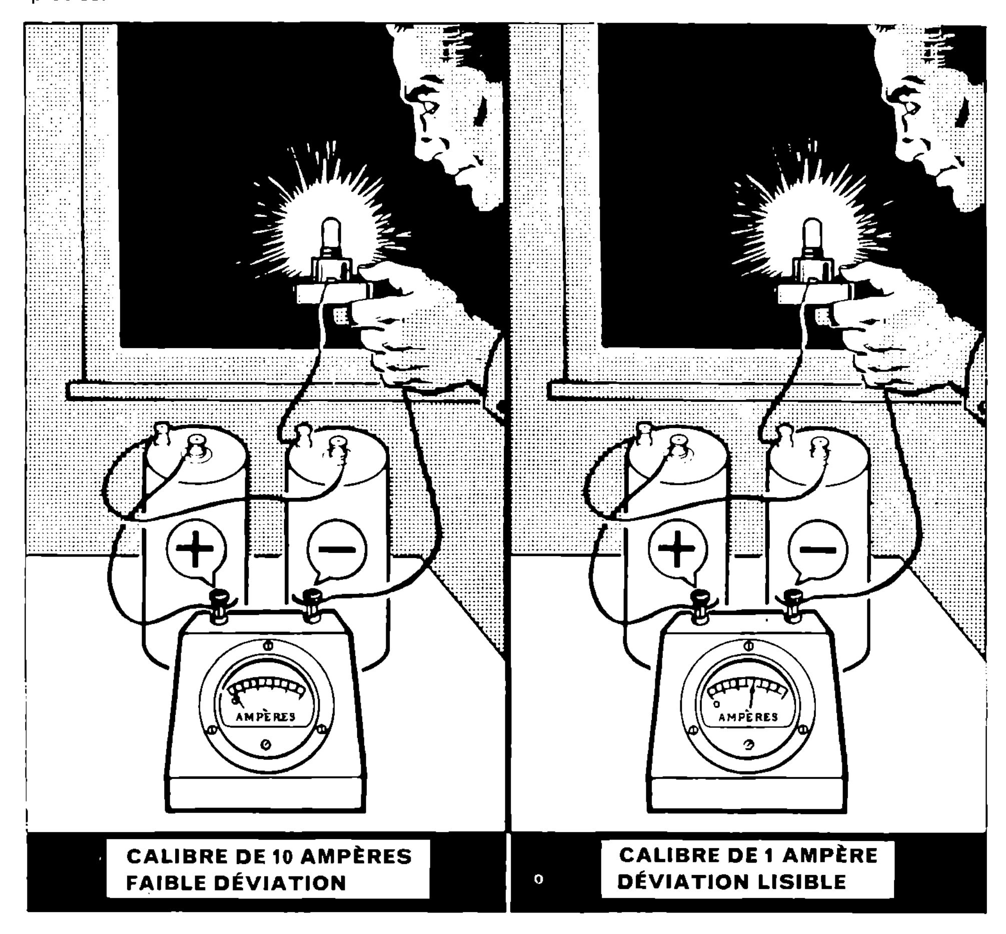
AMPÈREMÈTRE



DÉMONSTRATION. CALIBRES D'AMPÈREMÈTRES

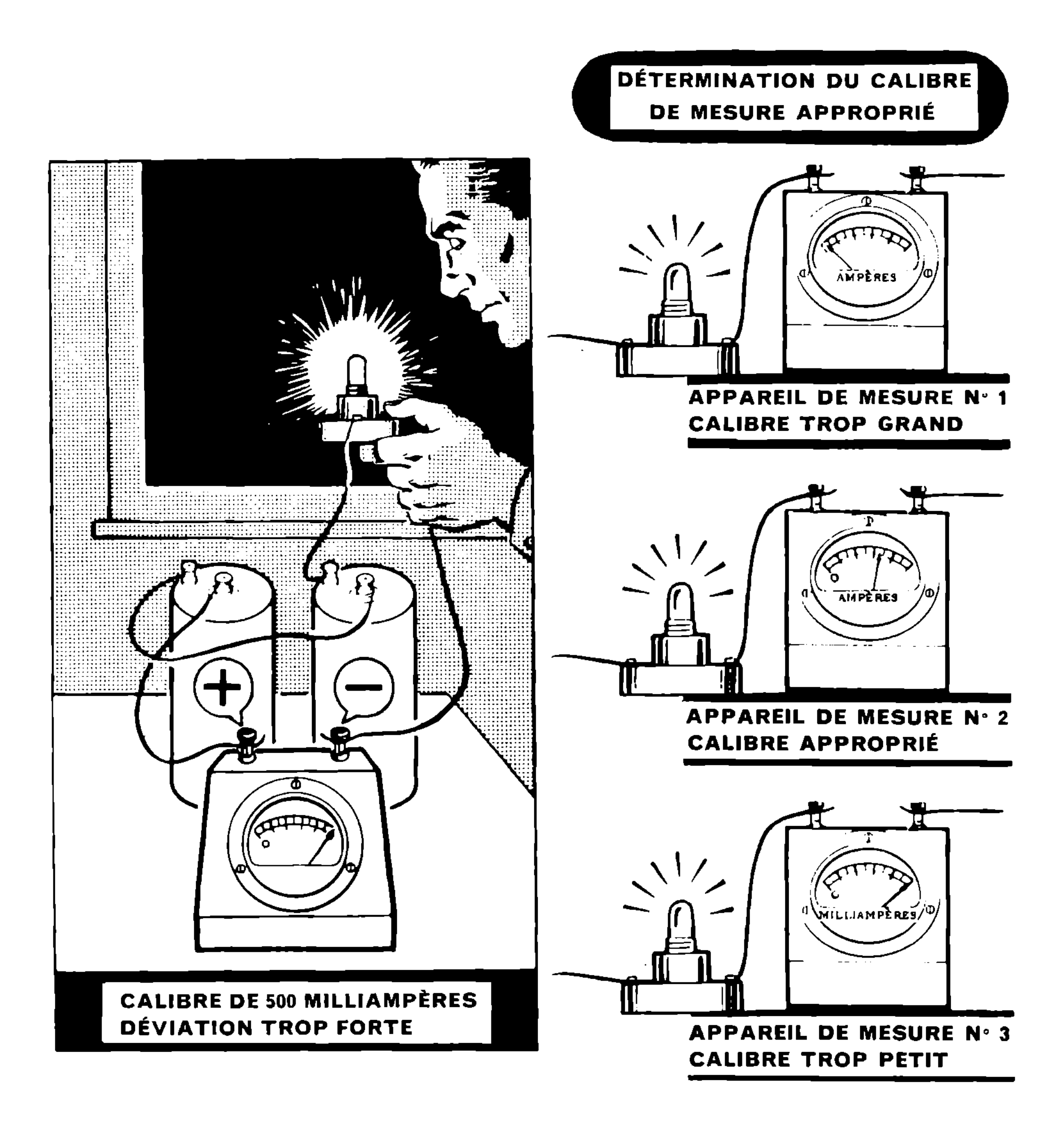
Pour montrer combien il est important de choisir le calibre de mesure approprié lorsqu'on veut mesurer des courants, le professeur monte d'abord deux piles sèches en série de façon qu'elles forment une batterie. Puis, il utilise un morceau de fil guipé pour relier la borne positive d'un ampèremètre de calibre 10 ampères à la borne positive de la batterie. Ensuite, il insère un support de lampe entre la borne négative de l'ampèremètre et la borne négative de la batterie.

L'ampoule est utilisée comme interrupteur pour contrôler le courant. Lorsqu'on l'insère dans la douille, l'ampoule s'éclaire et l'aiguille de l'ampèremètre dévie légèrement, ce qui montre qu'il se produit un courant. L'ampèremètre montre en plus que ce courant est trop faible pour le calibre de mesure choisie. En effet, l'aiguille reste tout près de zéro, et l'on ne peut lire le courant de façon précise.



Maintenant, on utilise le calibre de 1 ampère au lieu de celui de 10 ampères. Remarquez que, lorsqu'on insère l'ampoule dans la douille, sa lumière montre que le courant est le même qu'auparavant. Mais l'aiguille de l'ampèremètre dévie maintenant jusqu'au milieu environ de l'échelle, ce qui équivaut à un courant d'un peu plus d'un demi-ampère. Puisque l'aiguille se trouve déviée jusqu'aux environs du milieu de l'échelle, le calibre est bien approprié à la mesure de ce courant.

Pour montrer quel effet on obtient lorsqu'on choisit un calibre ayant des valeurs trop petites, le professeur utilise maintenant au lieu du calibre de 1 ampère, un calibre de 500 mA. Puisque le courant est supérieur à la valeur maximum de la gamme, l'aiguille dévie jusqu'au-delà du trait correspondant à la valeur maximum et, par conséquent, on ne peut mesurer la valeur précise du courant. Si un tel excès de courant dans un appareil de mesure se prolonge, l'appareil est sérieusement endommagé. C'est pourquoi il est plus important de veiller à ce que le calibre choisi soit assez élevé pour le courant qu'on veut mesurer, que de veiller à ce qu'il comporte des valeurs assez basses.

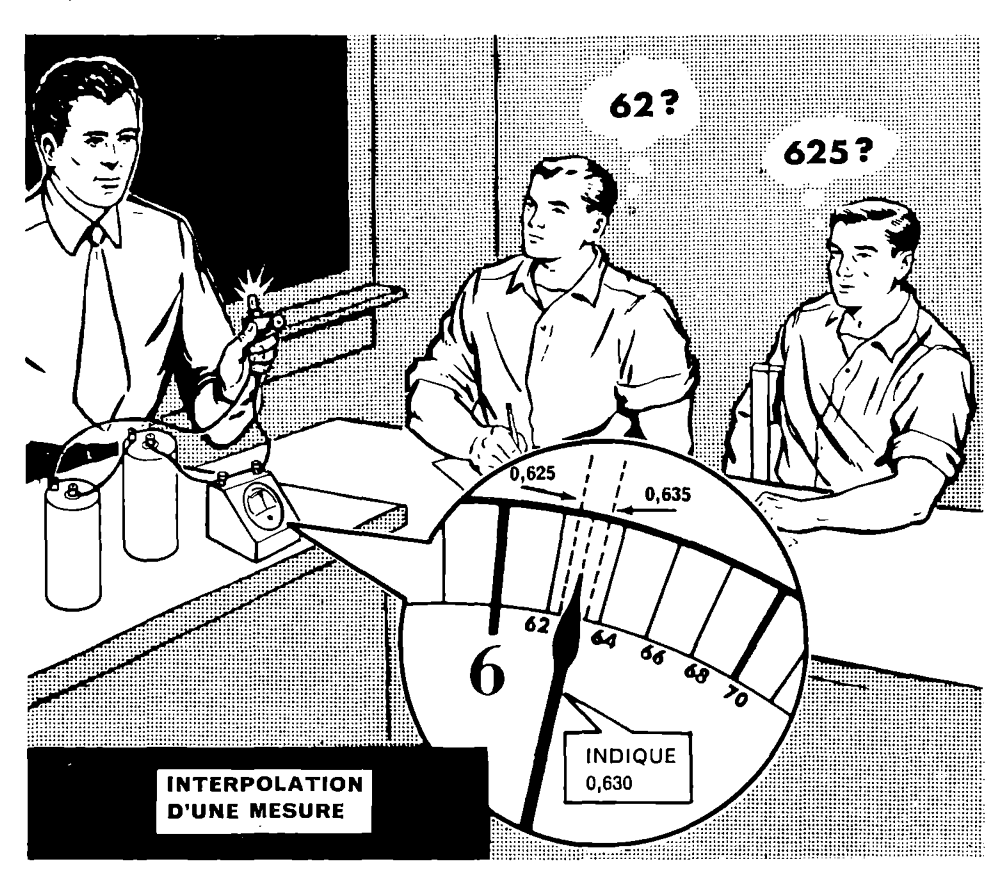


Pour déterminer le calibre approprié à la mesure d'un courant dont vous ne connaissez pas l'intensité, vous devez toujours commencer par prendre un appareil dont le calibre maximum est élevé, et remplacer ensuite cet appareil par d'autres ayant des calibres de plus en plus petits jusqu'à trouver celui avec lequel vous obtenez une indication à peu près au milieu de l'échelle.

DÉMONSTRATION. LECTURE SUR L'ÉCHELLE DE MESURE

Vous avez vu que le calibre approprié à la mesure du courant dans la lampe était celui de 1 ampère. Pour montrer l'influence de mesures parallaxes sur les valeurs obtenues, le professeur utilise un calibre de 1 ampère au lieu du calibre de 500 mA. Lorsqu'il insère ensuite l'ampoule, l'ampèremètre indique un peu plus d'un demi-ampère. Le professeur demande alors à plusieurs auditeurs à la fois de prendre, chacun de sa place, des mesures du courant et de noter les valeurs. Remarquez que les mesures prises sous un angle relativement large par rapport à l'ampèremètre diffèrent considérablement de celles prises face à l'ampèremètre.

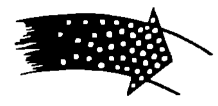
Maintenant, tous les auditeurs lisent la valeur indiquée par l'ampèremètre et effectuent l'interpolation en évaluant la position de l'aiguille entre deux divisions de l'échelle de mesure. Puisque l'ampèremètre permet des mesures directes de deux chiffres, c'est le troisième chiffre qu'il s'agit de trouver par interpolation. Par exemple, entre 0,6 et 0,7, l'échelle de mesure comporte les subdivisions 0,62, 0,64, 0,66, et 0,68. Lorsque l'aiguille pointe entre 0,62 et 0,64 et qu'elle se trouve exactement au milieu entre ces deux divisions, la mesure est de 0,630 ampère. Lorsqu'elle se trouve entre 0,62 et 0,64, mais à un quart seulement du chemin à partir de 0,62, l'aiguille indique 0,625, et lorsqu'elle se trouve à trois quarts du chemin à partir de 0,62, elle indique 0,635, etc. Notez que les valeurs obtenues par évaluation ou interpolation sont plus précises que si l'on avait retenu comme valeur définitive l'une des divisions de l'échelle de mesure, mais qu'il existe néanmoins des différences entre les valeurs interpolées.

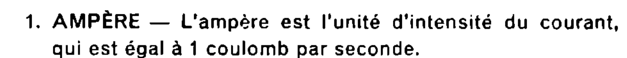


INTERPOLATION D'UNE MESURE

RÉCAPITULATION. MESURE DE COURANT

Pour récapituler ce que vous avez appris au sujet des mesures de courant, reconsidérez quelques-uns des faits importants que vous venez d'étudier ou qui vous ont été démontrés.





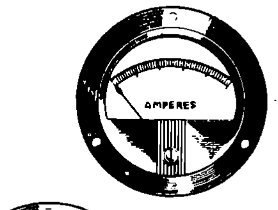
1. AMPÈRE — L'ampère est l'unité d'intensité du courant, qui est égal à 1 coulomb par seconde.

$$1 \text{ ma.} = \frac{1}{1000} \text{ A}$$

2. MILLIAMPÈRE — Le milliampère est une unité de courant égale au milième d'un ampère. (Schéma) : 1 mA = 1/1000 ampère.

$$1 \, \mu\text{a} = \frac{1}{1000000} \text{ A}$$

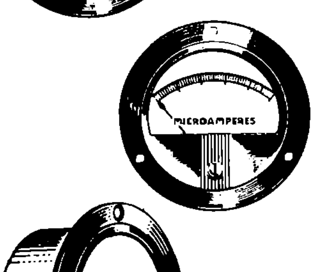
3. MICROAMPÈRE — Le microampère est une unité de courant égale au millionième d'un ampère.



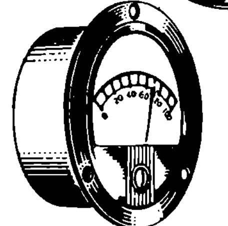
4. AMPÈREMÈTRE — L'ampèremètre est un appareil de mesure qui sert à mesurer des courants égaux ou supérieurs à 1 ampère.



5. MILLIAMPÈREMÈTRE — Le milliampèremètre est un appareil de mesure qui sert à mesurer des courants supérieurs à un milième d'ampère et inférieurs à 1 ampère.



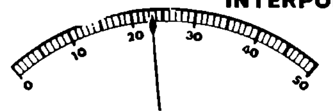
6. MICROAMPÈREMÈTRE — Le microampèremètre est un appareil de mesure qui sert à mesurer des courants supérieurs à un milionième d'ampère et inférieurs à un milième d'ampère.



7. PARALLAXE — Une mesure parallaxe est une mesure qui est inexacte, parce qu'elle a été prise sous un certain angle par rapport à l'appareil de mesure.

L'AIGUILLE INDIQUE 23,6 AMPÈRES

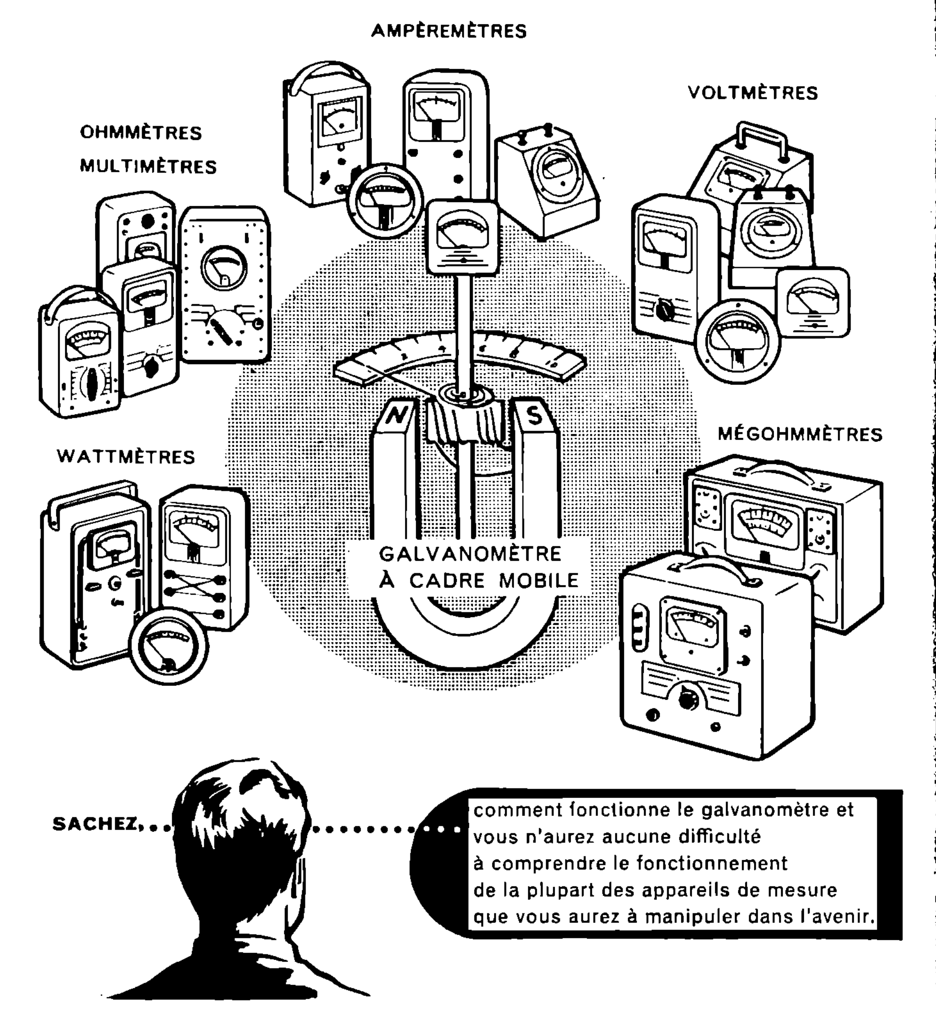
INTERPOLATION



8. INTERPOLATION — L'interpolation est l'évaluation de la position de l'aiguille entre deux divisions de l'échelle de mesure.

COMMENT FONCTIONNE UN APPAREIL DE MESURE

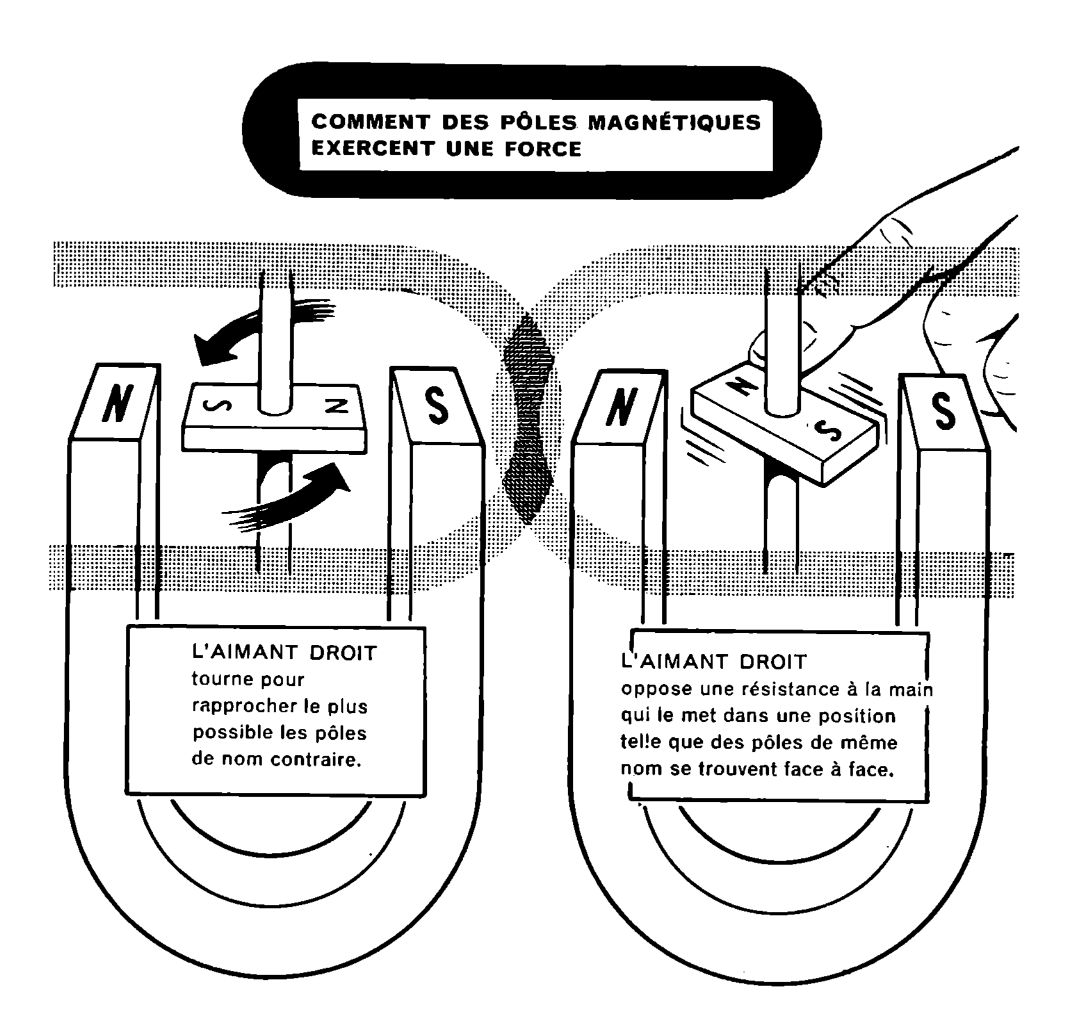
CADRE MOBILE ÉLÉMENTAIRE



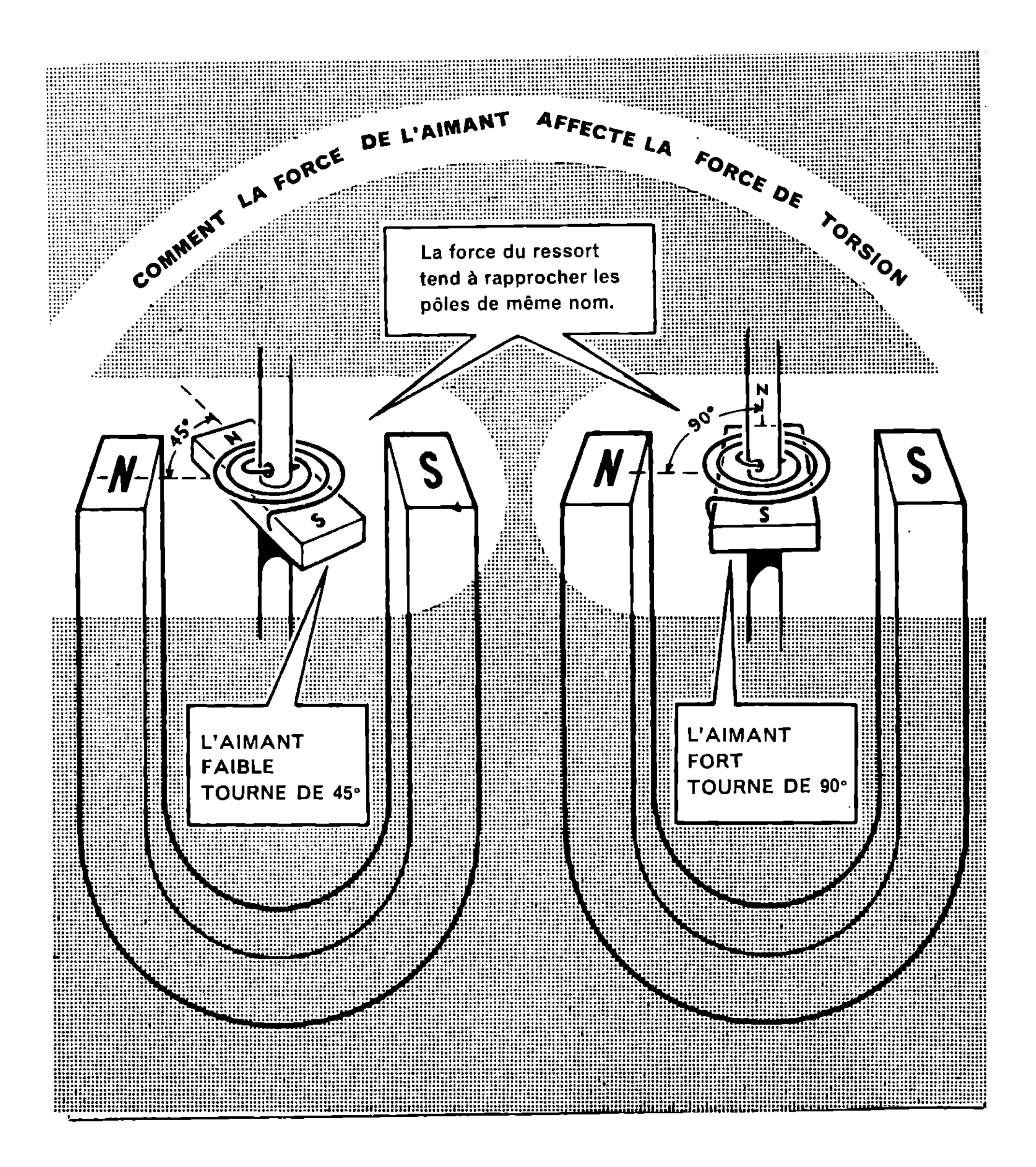
Vous utilisez maintenant, et depuis quelque temps déjà, des appareils de mesure, pour savoir s'il y a ou non un courant, et quelle est la valeur de ce courant. Au fur et à mesure que vous avancerez dans votre étude de l'électricité, vous utiliserez de plus en plus souvent des appareils de mesure. En effet, les appareils de mesure sont le bras droit de quiconque travaille en électricité ou en électronique. Il est donc temps que vous appreniez dès maintenant comment fonctionnent ces appareils. Tous les appareils de mesure que vous avez utilisés jusqu'ici, et la plupart de ceux dont vous vous servirez dans l'avenir, comprennent le même type de cadre mobile. Ce cadre mobile est à la base d'un dispositif qui sert à mesurer le courant, et qui est appelé « galvanomètre à cadre mobile ». Dans presque tous les appareils de mesure modernes, on utilise aujourd'hui le galvanomètre à cadre mobile, ce qui fait qu'il suffit de connaître le fonctionnement du galvanomètre pour comprendre également le fonctionnement de tous les appareils de mesure que vous aurez à utiliser dans l'avenir.

Le galvanomètre est basé sur le principe de l'attraction et de la répulsion magnétiques. Selon ce principe que vous avez déjà appris, des pôles de même nom se repoussent, et des pôles de nom contraire s'attirent. Cela signifie que deux pôles magnétiques nord ou deux pôles magnétiques sud vont se repousser, tandis qu'un pôle nord et un pôle sud vont s'attirer. Vous pouvez vérifier cela en montant sur une tige fixe un aimant droit mobile et en plaçant la tige avec l'aimant droit entre les pôles d'un aimant en forme de fer à cheval.

Si votre aimant droit est librement mobile, vous constaterez qu'il se tourne de façon que son pôle nord soit le plus près possible du pôle sud de l'aimant en forme de fer à cheval, tandis que le pôle sud de l'aimant droit va se rapprocher au maximum du pôle nord de l'aimant en forme de fer à cheval. Si vous changez la position de l'aimant droit, vous allez sentir qu'il essaie de regagner cette position dans laquelle des pôles de nom contraire se trouvent le plus près possible les uns des autres. Plus vous essaierez d'éloigner l'aimant droit de cette position, plus la force de résistance à ce déplacement sera grande. Elle sera la plus forte au moment où vous essaierez de la mettre dans une position telle que des pôles de même nom se trouvent face à face.

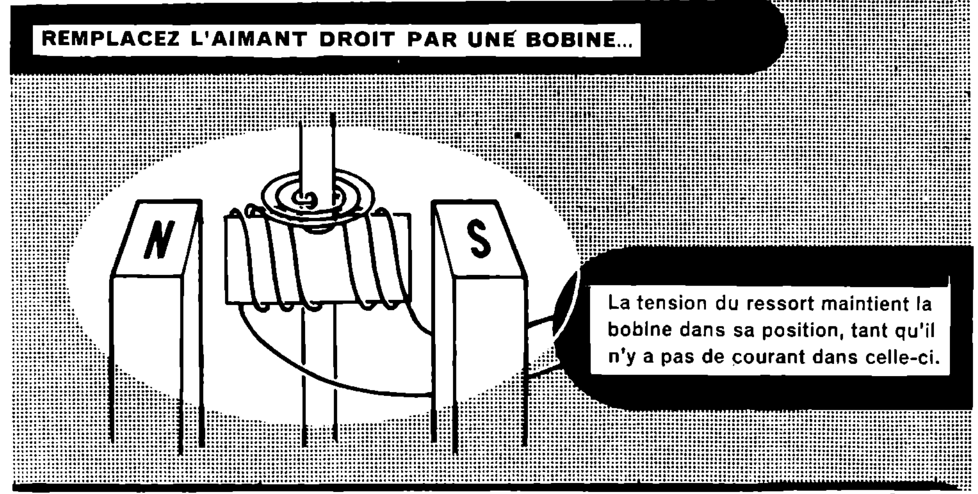


Les forces d'attraction et de répulsion entre deux pôles magnétiques augmentent lorsqu'on utilise des aimants plus forts. Vous pouvez constater cet effet en attachant un ressort à un aimant droit de telle sorte que le ressort soit détendu lorsque les pôles nord des deux aimants se trouvent l'un face à l'autre. Si l'aimant droit était parfaitement mobile, il tournerait normalement jusqu'à se trouver dans une position dans laquelle son pôle nord serait le plus près possible du pôle sud de l'aimant en forme de fer à cheval. En raison du ressort attaché à l'aimant droit, celui-ci ne pourra tourner que jusqu'au point où sa force de torsion sera équilibrée par la force du ressort. Si vous remplaciez l'aimant droit par un aimant plus fort, la force de répulsion entre les deux pôles de même nom serait plus grande et l'aimant droit tournerait davantage, en surmontant davantage la force du ressort.

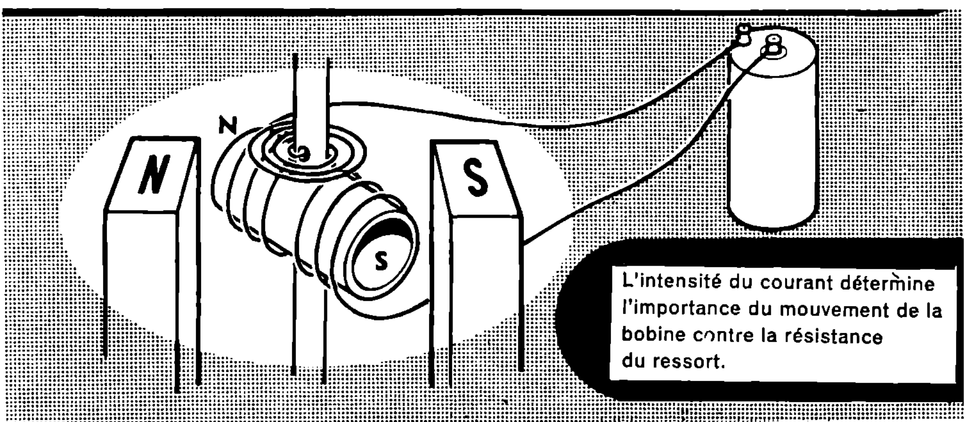


Si vous remplacez l'aimant droit par un enroulement de fil conducteur, vous obtenez un galvanomètre. Chaque fois qu'un courant traversera la bobine, celle-ci va agir comme un aimant. La force de cet aimant, qui consiste en un enroulement de fil conducteur, dépend à la fois de la taille, de la forme et du nombre de spires de la bobine, et de l'intensité du courant dans la bobine. Si l'on ne modifie pas la bobine, les variations de force magnétique de la bobine vont être fonction du courant dans la bobine. Plus le courant dans la bobine sera grand, plus la force magnétique de cette dernière sera grande.

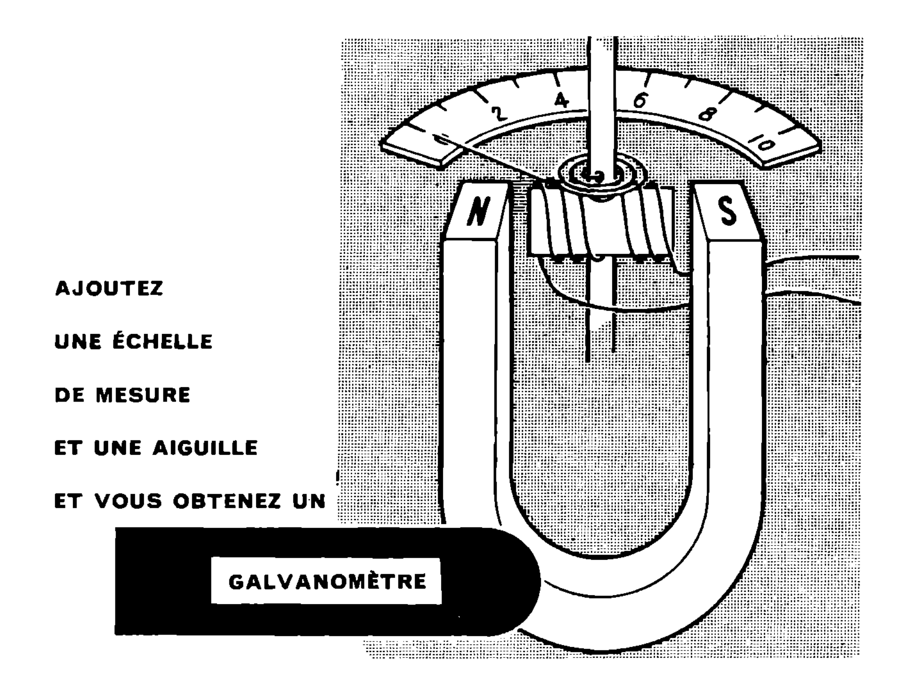
S'il n'y a pas de courant dans la bobine, elle n'aura pas de force magnétique et prendra la position dans laquelle le ressort ne sera pas du tout tendu. Si vous faites passer un courant faible par la bobine, celle-ci devient un aimant et les lignes de force magnétiques entre la bobine et l'aimant en fer à cheval provoquent une rotation de la bobine jusqu'au point où la force magnétique est équilibrée par la force due à la tension du ressort. Lorsqu'un courant plus fort passe par la bobine, le champ magnétique de celle-ci se trouve renforcé, et la bobine va tourner davantage contre l'opposition du ressort.



... ET LA BOBINE AGIT COMME UN AIMANT LORSQU'ELLE EST TRAVERSÉE PAR UN COURANT



Lorsque vous voulez savoir quelle est l'intensité du courant dans un circuit, il vous suffit d'insérer la bobine dans le circuit et de mesurer ensuite l'angle entre la nouvelle position de la bobine et sa position initiale au repos. Il est difficile de mesurer cet angle directement et de calculer l'intensité du courant électrique qui l'a provoqué. Mais il suffit d'attacher à la bobine une aiguille et d'ajouter une échelle de mesure pour pouvoir lire l'intensité du courant directement sur l'échelle de mesure.



Maintenant que vous avez ajouté une échelle de mesure et une aiguille, vous avez un appareil de mesure élémentaire pour courant continu que l'on appelle galvanomètre à cadre mobile, du type D'Arsonval et dont le fonctionnement dépend de l'action des aimants et de leurs champs magnétiques. En fait, il existe deux sortes d'aimants utilisés dans ce type d'appareil de mesure : un aimant permanent fixe en forme de fer à cheval, et un électro-aimant. L'électro-aimant se compose de spires de fil conducteur enroulées sur un cadre, et ce cadre est monté sur une tige qui est ajustée entre deux coussinets fixes de rubis. Une aiguille d'un poids très léger est attachée à la bobine et tourne en même temps que celle-ci, indiquant ainsi l'intensité du courant. Le courant fait agir la bobine comme un aimant dont les pôles sont attirés et repoussés par ceux de l'aimant en fer à cheval. L'importance du champ magnétique autour de la bobine dépend de l'intensité du courant. Plus le courant est grand, plus le champ magnétique est important, et plus la force d'attraction ou de répulsion est grande entre les extrémités de la bobine et les pôles de l'aimant.

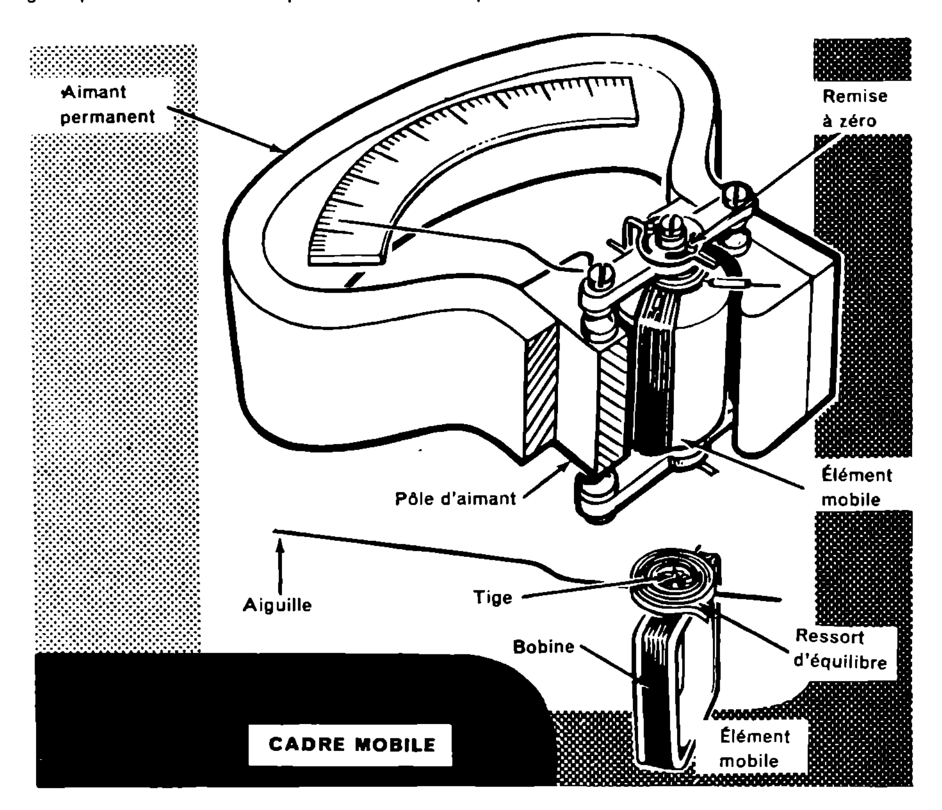
Les forces magnétiques d'attraction et de répulsion font tourner la bobine jusqu'à ce que ses deux pôles se trouvent face aux pôles de nom contraire de l'aimant. Lorsque le courant dans la bobine augmente, celle-ci devient un aimant de plus en plus fort et tourne davantage, parce que les forces magnétiques existant entre la bobine et l'aimant se trouvent également renforcées. Puisque l'importance du déplacement de la bobine dépend de l'intensité du courant dans la bobine, l'appareil indique directement cette intensité de courant.

REMARQUES SUR LE CADRE MOBILE

Si les galvanomètres sont très utiles en laboratoire pour mesurer des courants de faible intensité, ils ne sont par contre pas assez solides, et par conséquent pas assez facilement transportables pour servir dans des équipements militaires. C'est pourquoi, dans les appareils de mesure modernes, on utilise les principes du galvanomètre, mais en même temps, on donne aux appareils les qualités de solidité et de transport indispensables. Ils sont aussi plus faciles à lire. Dans ces appareils modernes, la bobine est montée sur une tige ajustée entre deux coussinets fixes de rubis. Pour mesurer l'intensité du courant, une aiguille d'un poids très léger est attachée à la bobine et tourne avec elle.

Des ressorts d'équilibre fixés aux deux extrémités de la tige exercent sur la bobine des forces de rotation dans des sens opposés l'un à l'autre; et en ajustant la tension de l'un des ressorts, on peut remettre l'aiguille à zéro. Puisque des changements de température affecteraient également les deux ressorts, les forces de rotation qu'exercent les ressorts sur la bobine s'annulent mutuellement. Lorsque la bobine tourne, l'un des ressorts se tend et exerce ainsi une force antagoniste sur la bobine, tandis que l'autre se détend. En plus de leur fonction qui consiste à exercer une tension sur la bobine, les ressorts sont également utilisés pour amener le courant électrique des bornes de l'appareil au cadre mobile.

Pour que la force de rotation s'accroisse uniformément en fonction de l'accroissement du courant, on donne aux pôles de l'aimant en fer à cheval la forme de deux demi-cercles. Ceci a pour but de rapprocher au maximum la bobine et les pôles nord et sud de l'aimant permanent. L'intensité du courant nécessaire pour provoquer la déflexion totale de l'aiguille dépend de l'intensité du champ magnétique de l'aimant ainsi que du nombre de spires de la bobine.

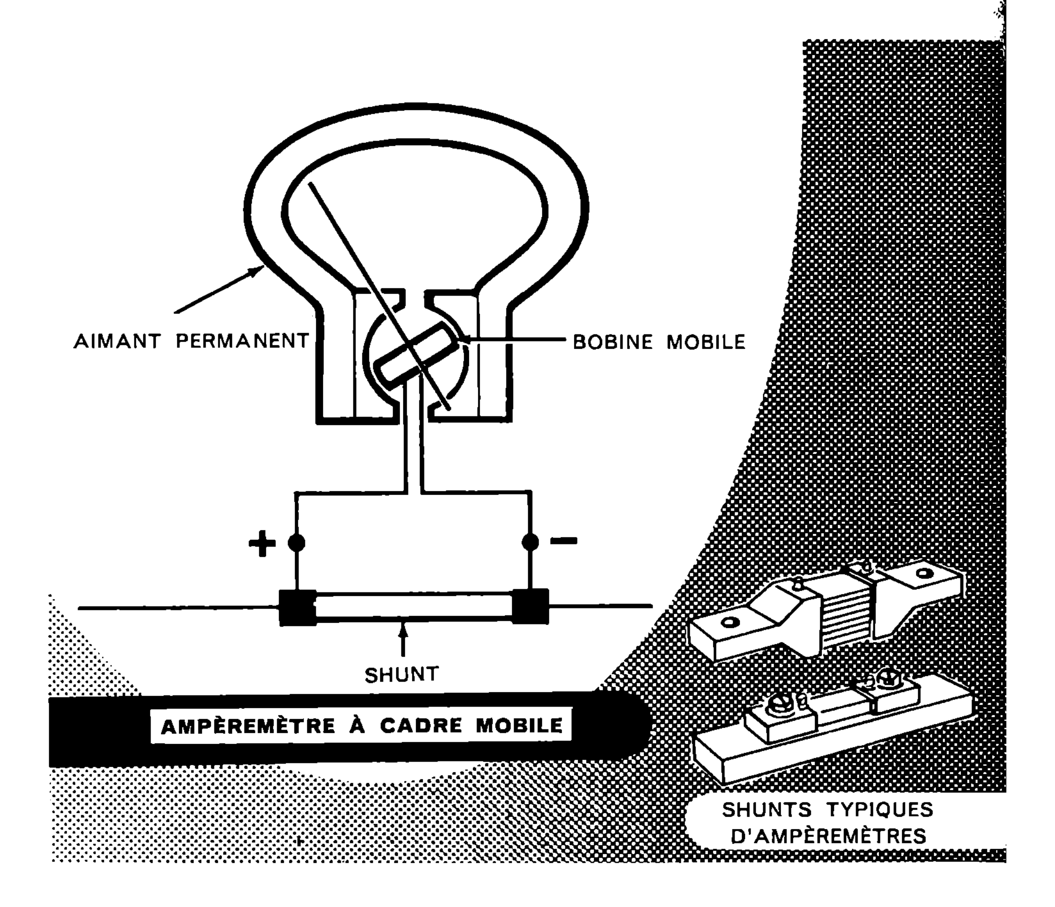


CADRE MOBILE

MODIFICATION D'UN CALIBRE DE MESURE

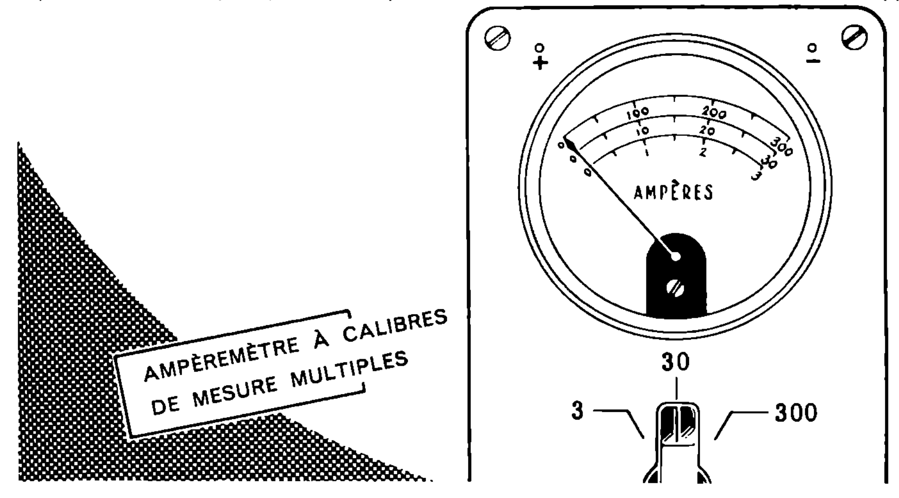
On pourrait modifier un calibre de mesure en utilisant des aimants différents ou en modifiant le nombre de spires de la bobine, puisque l'un et l'autre de ces facteurs provoqueraient un changement de l'intensité du courant nécessaire à la déviation totale de l'aiguille. Cependant, le fil conducteur utilisé pour les enroulements de la bobine doit toujours posséder un diamètre suffisant pour pouvoir supporter le courant maximum pour lequel l'appareil est calibré. Une modification de la section du fil ne serait donc praticable que pour des appareils destinés à mesurer des courants de faible intensité, car on ne peut utiliser des fils de fort diamètre pour des bobines mobiles. Pour maintenir le fil mince et la bobine petite, on limite normalement les appareils de mesure élémentaires à cadre mobile à une intensité de courant égale ou inférieure à 1 milliampère. De plus, il serait peu pratique, si l'on voulait avoir un appareil à plusieurs calibres de mesure, de changer chaque fois l'aimant ou la bobine.

Pour mesurer des courants forts, on utilise un appareil de mesure destiné à mesurer des courants faibles, et on le munit d'un shunt. Le shunt est un morceau de fil de fort diamètre monté entre les bornes de l'appareil, et par lequel passe la plus grande partie du courant. Par conséquent la bobine mobile n'est traversée que par une petite partie du courant. On se sert généralement d'un milliampèremètre calibré pour 0-1 milliampère; et le shunt est choisi de telle sorte qu'il détermine le calibre de mesure à la valeur voulue. Le milliampèremètre à cadre mobile gradué de 0-1 mA est à la base de nombreux appareils de mesure que vous utiliserez dans l'avenir.



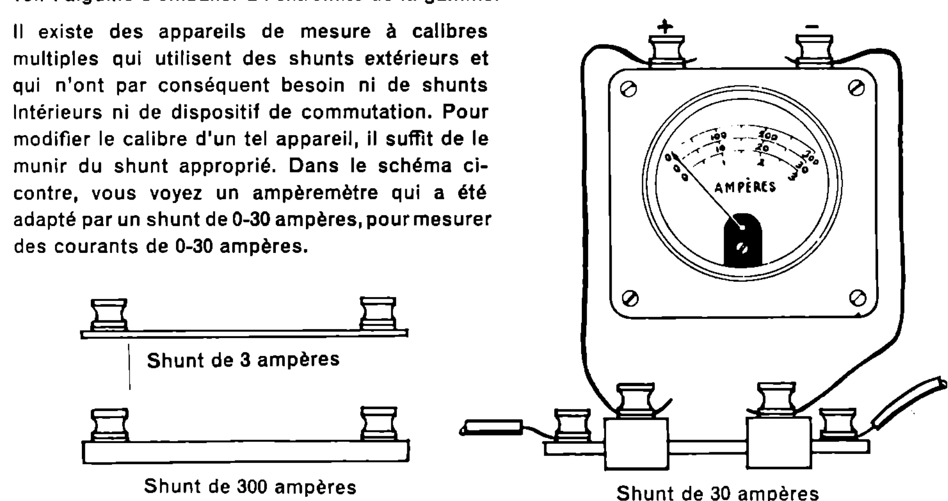
AMPÈREMÈTRES À CALIBRES MULTIPLES

Vous avez vu que vous pouviez modifier le calibre de mesure d'un ampèremètre par le moyen d'un shunt. Le calibre de mesure varie selon la valeur de résistance du shunt. Certains ampèremètres contiennent plusieurs shunts intérieurs et un dispositif de commutation qui permet le montage en parallèle de ces shunts avec le cadre mobile, de façon à pouvoir mesurer des courants d'intensités différentes. Ainsi, un seul appareil à cadre mobile peut servir d'ampèremètre à calibres de mesure multiples. A chaque calibre correspond en effet une échelle qui est peinte sur la face de l'appareil. Le schéma ci-dessous représente un ampèremètre à trois calibres de mesure qui sont gradués respectivement de 0-3, 0-30, et 0-300 ampères. Observez les trois échelles sur la face de l'appareil.



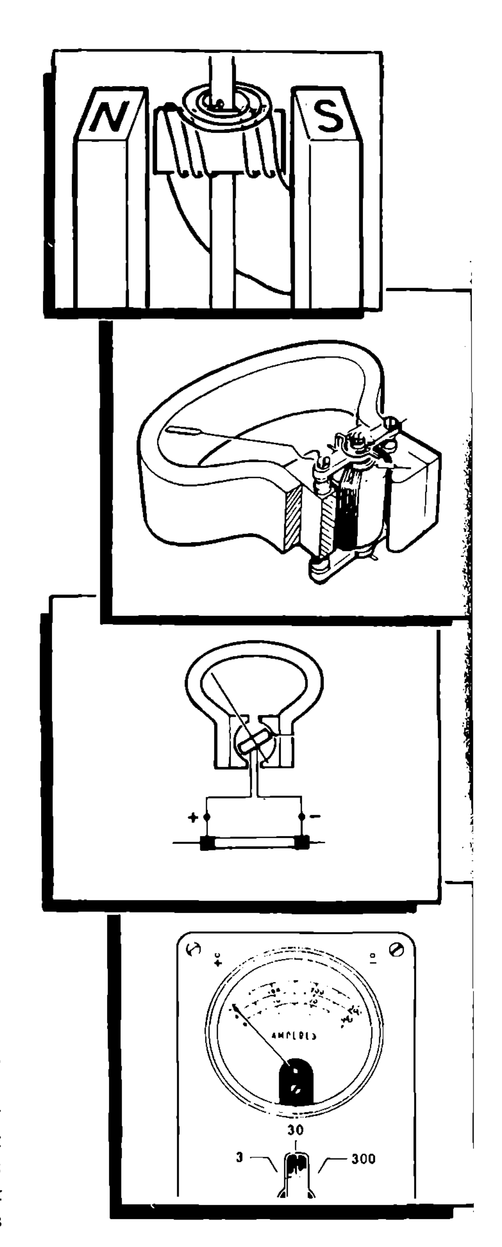
Lorsqu'on se sert d'un ampèremètre à calibres de mesure multiples pour mesurer un courant dont on ne connaît pas l'intensité, on utilise toujours d'abord le calibre qui comporte les valeurs les plus élevées, puis, dans l'ordre décroissant, les autres calibres, jusqu'à ce que l'aiguille soit à peu près au milieu de l'échelle. Si vous respectez ce principe, vous êtes sûrs que le courant ne sera jamais trop fort pour le calibre de votre appareil, et vous ne risquez pas de voir griller le cadre mobile ou de voir l'aiguille s'emballer à l'extrémité de la gamme.

Il existe des appareils de mesure à calibres multiples qui utilisent des shunts extérieurs et qui n'ont par conséquent besoin ni de shunts intérieurs ni de dispositif de commutation. Pour modifier le calibre d'un tel appareil, il suffit de le munir du shunt approprié. Dans le schéma ci-contre, vous voyez un ampèremètre qui a été adapté par un shunt de 0-30 ampères, pour mesurer des courants de 0-30 ampères.



RÉCAPITULATION. CADRE MOBILE

Il est fort possible que vous n'ayez jamais besoin de réparer un appareil de mesure. Cependant pour savoir vous en servir et l'entretenir, il faut que vous sachiez comment il fonctionne. Supposez donc que vous révisiez ce que vous venez d'étudier.



BOBINE D'APPAREIL DE MESURE — C'est une bobine qui agit comme un aimant lorsqu'elle est traversée par un courant.

CADRE MOBILE — Le cadre mobile est un dispositif de mesure qui se compose d'une bobine mobile suspendue entre les pôles d'un aimant en fer à cheval. Lorsque la bobine est traversée par un courant, elle tourne.

CADRE MOBILE D'AMPÈREMÈTRE ÉLÉMENTAIRE — Le cadre mobile d'ampèremètre élémentaire est un milliampèremètre gradué de 0-1 mA et muni d'un shunt inséré entre les bornes de l'appareil pour élargir la gamme de mesure.

AMPÈREMÈTRE À CALIBRES DE MESURE MULTIPLES — L'ampèremètre à calibres de mesure multiples est un seul appareil à cadre mobile qui sert à mesurer des courants d'intensités très différentes. Chaque calibre exige un shunt approprié. Les shunts peuvent se trouver à l'intérieur de l'appareil, et dans ce cas ils sont contrôlés par un dispositif de commutation; ou bien ils peuvent être à l'extérieur de l'appareil, et dans ce cas ils sont montés en parallèle avec les bornes de l'appareil.

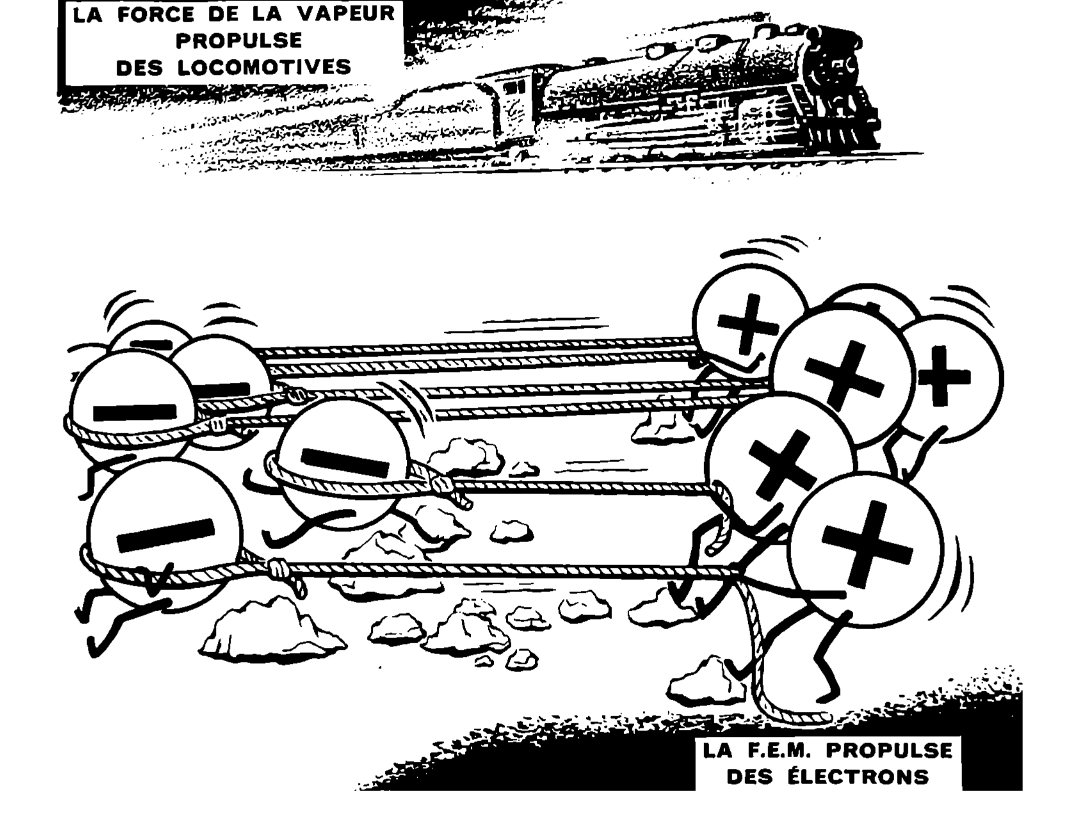
CAUSE DU COURANT — F.E.M.

QU'EST-CE QUE LA F.E.M.?

Un courant se produit chaque fois que la majorité des électrons dans une matière se dirigent dans une même direction. Vous avez vu que ce mouvement avait lieu dans le sens de la charge (-) vers la charge (+), et qu'il continuait tant qu'il existait une différence de charges.

Pour créer une charge, il faut provoquer un déplacement d'électrons qui aboutisse, soit à un excès, soit à un manque d'électrons à l'endroit où l'on veut créer la charge. On peut créer une charge à partir de n'importe laquelle des six sources d'énergie électrique que vous avez déjà étudiées. Ces sources fournissent l'énergie nécessaire pour amener les électrons à se déplacer et faire ainsi naître une charge. Quelle que soit l'énergie utilisée pour créer la charge, elle est toujours transformée en énergie électrique. Il suffit pour cela que la charge ait été créée. La quantité d'énergie électrique contenue dans la charge est exactement égale à la quantité d'énergie fournie par la source et qui a constitué la charge.

Lorsqu'il se produit un courant, l'énergie électrique des charges est utilisée pour amener les électrons à se déplacer de la charge moins positive à la charge plus positive. Cette énergie électrique est appelée force électromotrice (f.é.m.). Elle est la force motrice qui provoque le courant. N'importe laquelle des six sources d'énergie électrique peut provoquer un mouvement d'électrons qui fasse naître une charge; mais dans tous les cas où des électrons se dirigent d'une charge à une autre en constituant un courant, la force motrice est la f.é.m.

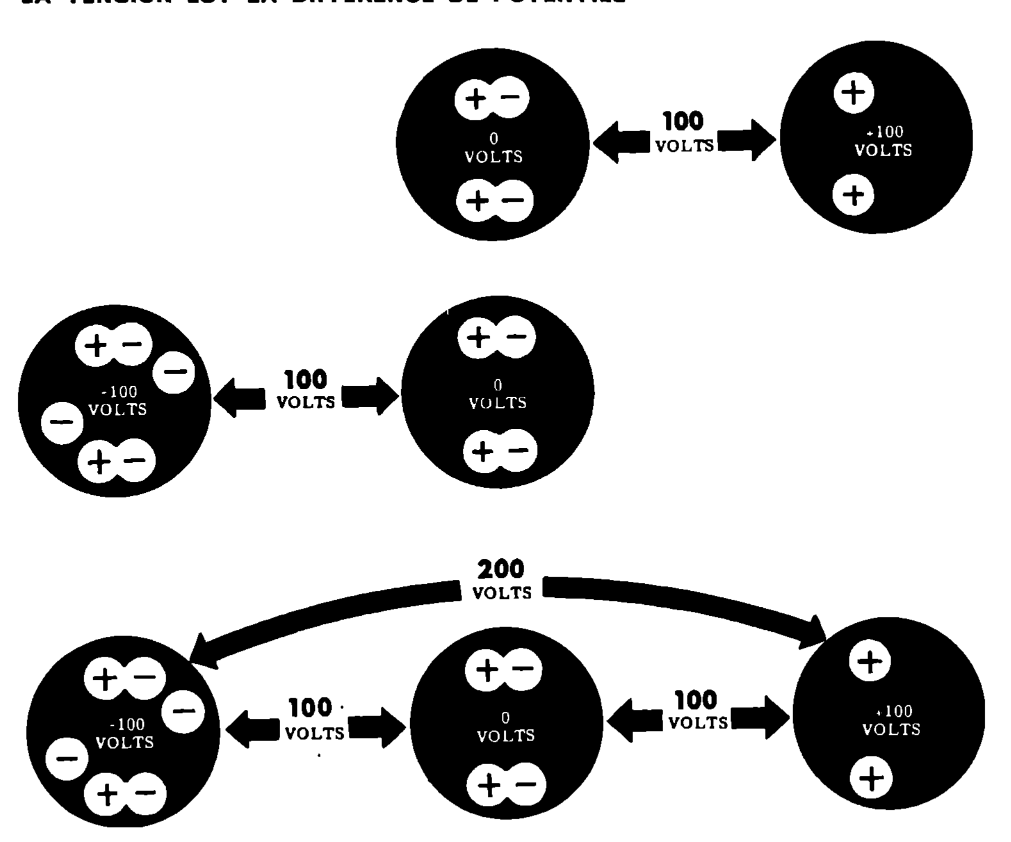


Une charge électrique, qu'elle soit positive ou négative, représente une réserve d'énergie. Cette réserve d'énergie reste de l'énergie potentielle tant qu'elle n'est pas utilisée. L'énergie potentielle d'une charge est égale à la quantité de travail qui a été nécessaire pour créer cette charge, et l'unité qui sert à mesurer cette charge est le **volt.** La force électromotrice d'une charge est égale à son potentiel, et on l'exprime en volts.

Lorsqu'il existe deux charges inégales, la force électromotrice entre elles est égale à la différence entre les potentiels des charges. Puisque le potentiel de chacune des deux charges est exprimé en volts, la différence entre les deux potentiels est également exprimée en volts. La différence entre les potentiels de deux charges est la force électromotrice qui existe entre les charges et que l'on appelle couramment tension.

Une tension ou différence de potentiel existe toujours entre deux charges qui ne sont pas exactement égales. Même un objet non chargé a, par rapport à un autre objet qui est chargé, une différence de potentiel. Cette différence de potentiel est positive par rapport à un objet chargé négativement et négative par rapport à un objet qui porte une charge positive. Il existe, par exemple, une tension entre deux objets qui portent des charges positives différentes ou entre deux objets qui portent des charges négatives différentes. La tension est donc purement relative et n'exprime pas la quantité absolue d'une charge. Elle indique seulement une relation entre deux charges, cette relation représentant la force électromotrice entre les charges comparées.

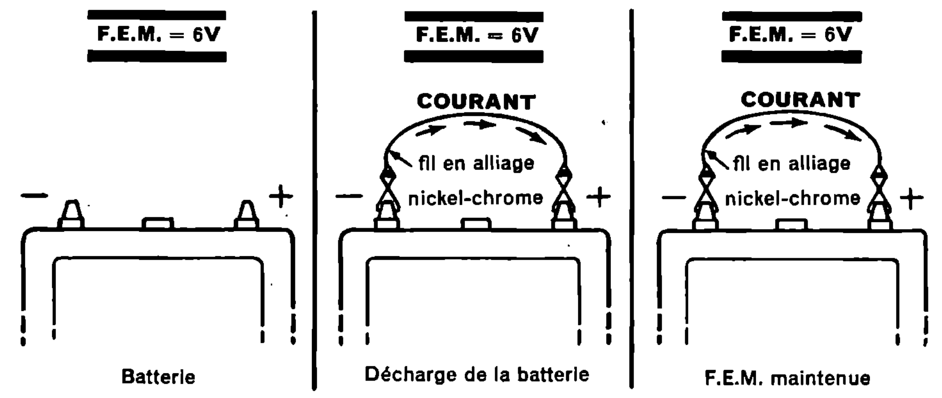
LA TENSION EST LA DIFFÉRENCE DE POTENTIEL



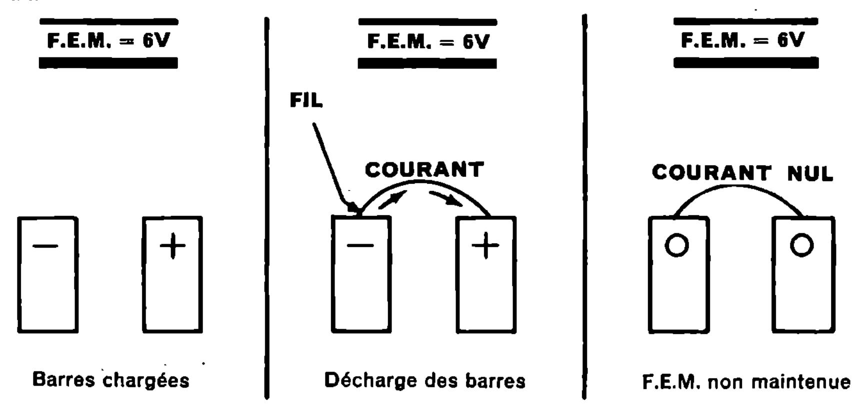
COMMENT ON PEUT MAINTENIR UNE F.E.M.

Des six sources d'énergie électrique que vous avez étudiées, vous n'utiliserez que le magnétisme et l'action chimique. Les charges électriques qu'on obtient à partir de la friction, de la pression, de la chaleur et de la lumière, ne sont utilisées que dans des applications très spéciales et ne servent jamais de source d'énergie électrique.

Pour obtenir un courant continu, il faut maintenir les charges telles que la différence de potentiel reste toujours la même. Aux bornes d'une batterie, il existe des charges opposées grâce à l'action chimique à l'intérieur de la batterie, et, lorsque le courant se dirige de la borne (-) vers la borne (+), l'action chimique maintient les deux charges à leurs valeurs initiales. Le principe de la génératrice est exactement le même car, grâce au mouvement continu du fil conducteur à travers le champ magnétique, chacun des pôles garde toujours la même charge. Ainsi, la tension entre les charges opposées d'une génératrice ou d'une batterie reste constante, et les charges ne deviennent jamais égales tant que l'action chimique dans la batterie continue ou tant que, dans la génératrice, le fil conducteur continue à couper le champ magnétique.



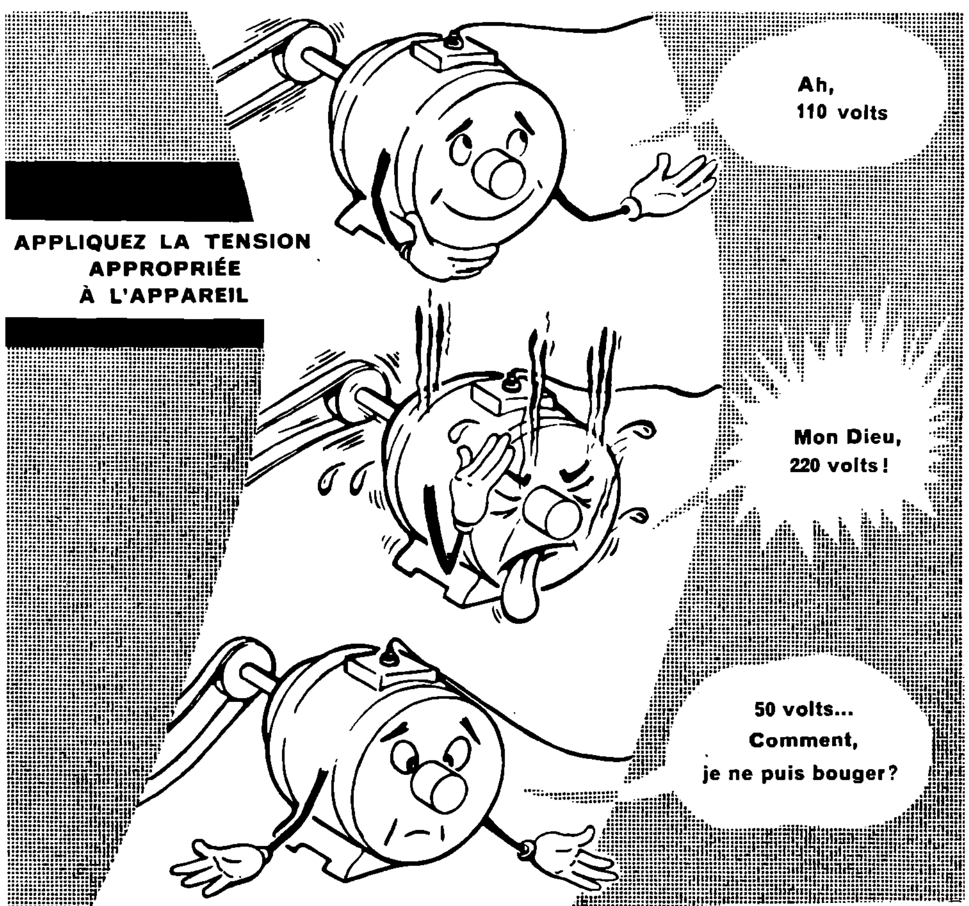
Si les charges aux bornes opposées n'étaient pas maintenues, comme c'est le cas des deux barres chargées que vous voyez ci-dessous, le courant allant de la borne (-) vers la borne (+) entraînerait l'égalisation des deux charges au fur et à mesure que l'excès d'électrons de la charge (-) se dirigerait vers la charge (+). La tension entre les deux bornes tomberait par conséquent à zéro et le courant cesserait.



TENSION ET COURANT

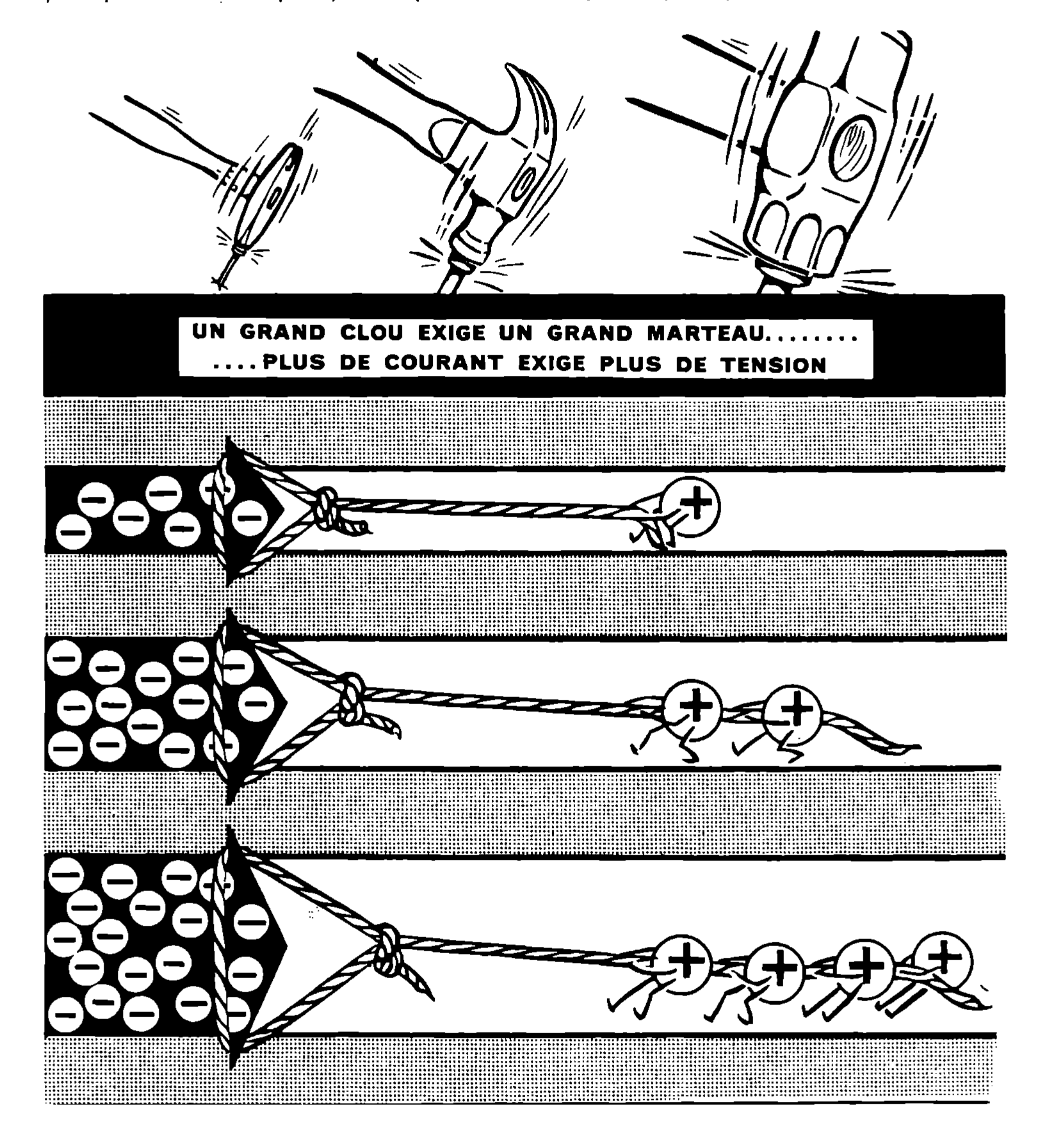
Chaque fois que l'on met en contact deux charges différentes, il se produit un courant de la charge plus fortement négative vers la charge plus fortement positive. Plus la f.é.m. ou tension entre les charges est grande, plus l'intensité du courant est grande elle aussi. Les appareils électriques sont calibrés pour une certaine intensité de courant, et si cette quantité limite est dépassée, les appareils risquent d'être endommagés. Vous avez vu que tous les appareils électriques, qu'il s'agisse d'ampoules électriques, de moteurs ou de postes de radio, etc., portent l'indication d'une certaine tension. Cette tension varie selon les types d'appareils, mais en général elle est de 110 volts. Lorsqu'une ampoule électrique porte l'indication de 110 volts, cela signifie qu'il faut une tension de 110 volts pour provoquer un courant approprié à cette lampe. Si l'on utilise une tension plus élevée, il en résulte un courant plus fort qui « grille » l'ampoule, et si l'on utilise une tension plus faible, on n'obtient pas un courant assez fort pour que l'ampoule puisse s'allumer.

Si vous avez un moteur qui est prévu pour fonctionner sous 110 volts, et que vous le branchez sur une ligne de courant qui fournit une tension de 220 volts, le courant excessif « grille » le moteur. D'autre part, si vous branchez le même moteur sur une ligne de courant dont la tension est de 50 volts, le moteur ne fonctionne pas convenablement, parce que le courant est insuffisant. Si c'est donc le courant qui fait fonctionner les appareils électriques, le courant lui-même est provoqué par une f.é.m. ou tension, et la valeur de cette tension détermine la quantité de courant.



La force électromotrice (tension) s'utilise comme n'importe quel autre type d'énergie. Pour enfoncer un clou, vous pourriez prendre n'importe quel marteau de n'importe quelle taille, mais il n'existe qu'une seule taille de marteau qui va vous fournir exactement la force nécessaire pour enfoncer un clou déterminé. Ainsi, vous ne prendriez pas un marteau de forgeron pour enfoncer une petite pointe ni un tout petit marteau pour enfoncer un grand clou. Le choix d'un marteau de la taille appropriée pour enfoncer un clou déterminé est aussi important que le choix d'un clou approprié pour un travail déterminé.

De la même manière, les dispositifs et appareils électriques fonctionnent mieux avec un courant qui leur est approprié, mais pour un appareil ou dispositif quelconque déterminé, vous devez d'abord choisir la tension appropriée qui provoque l'intensité voulue de courant. Une tension trop élevée provoque un courant trop fort, tandis qu'une tension trop faible provoque un courant insuffisant.

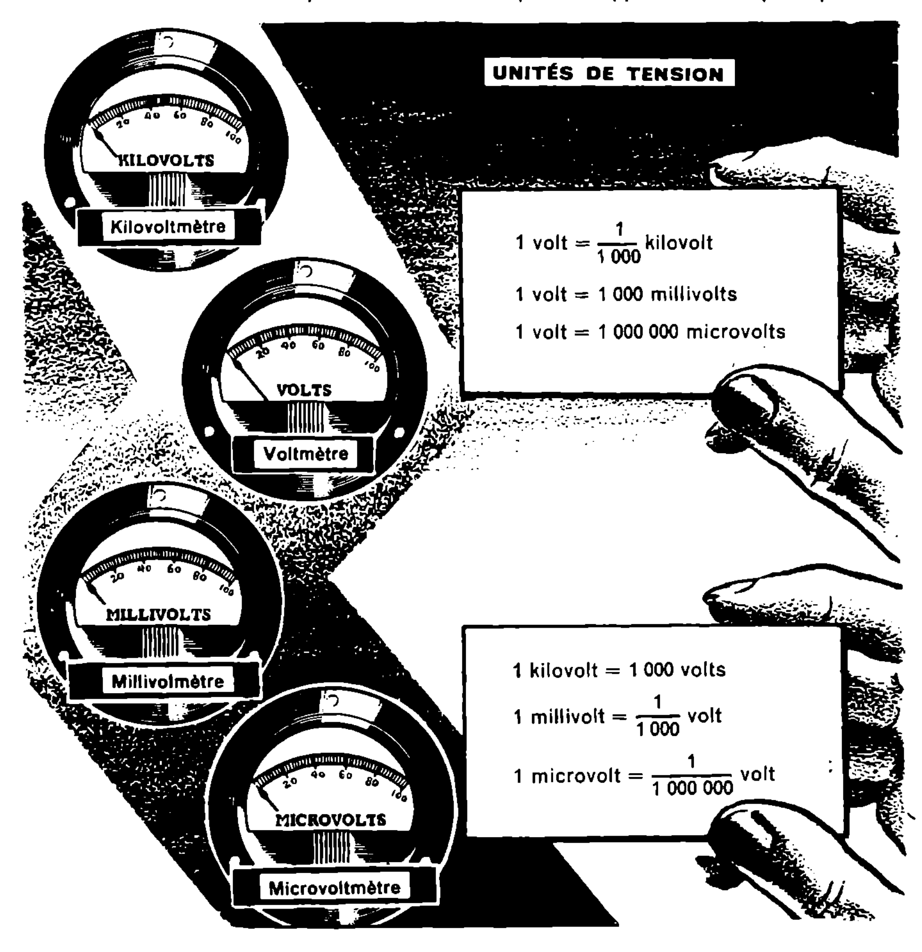


COMMENT ON MESURE UNE TENSION

UNITÉS DE TENSION

La force électromotrice entre deux charges inégales s'exprime généralement en volts, mais, lorsqu la différence de potentiel entre deux charges ne s'élève qu'à une valeur représentant une fractio de 1 volt, ou que, par contre, elle dépasse 1 000 volts, il faut d'autres unités de mesure. Pour exprim des tensions inférieures à 1 volt, on utilise des millivolts et des microvolts, exactement comm on utilise des milliampères et des microampères pour exprimer des intensités de courant inférieure à 1 ampère. Si l'intensité de courant dépasse rarement 1 000 ampères, la tension par contre dépass très souvent 1 000 volts, et l'on emploie alors comme unité de mesure le kilovolt qui est ég à 1 000 volts. Lorsque la différence de potentiel entre deux charges est comprise entre un millième d volt et 1 volt, l'unité de mesure appliquée est le millivolt. Lorsque la tension est comprise entre u millionième de volt et un millième de volt, on emploie le microvolt.

Selon les unités de tension que l'on veut mesurer, il existe des appareils de mesure de tensio gradués en microvolts, en millivolts, en volts et en kilovolts. Vous travaillerez normalement avec de tensions de 1 à 500 volts et vous utiliserez donc comme unité de mesure le volt. On n'applique de tensions inférieures à 1 volt ou supérieures à 500 volts qu'à des appareils électriques spéciaux.



CONVERSION DES UNITÉS DE TENSION

La conversion des unités de tension se fait de la même manière que celle des unités d'intensité. Pour convertir des millivolts en volts, la virgule est déplacée de trois chiffres à gauche, et pour convertir des volts en millivolts, la virgule est déplacée de trois chiffres à droite. De la même manière, on convertit des microvolts en volts en déplaçant la virgule de six chiffres à gauche, tandis que la conversion de volts en microvolts se fait par un déplacement de la virgule de six chiffres à droite. Ces exemples montrent que la conversion des unités de tension obéit aux mêmes règles que la conversion des unités d'intensité.

La particule « kilo » (qui signifie « mille ») n'est pas utilisée pour exprimer des quantités de courant, mais comme elle est utilisée pour exprimer des quantités de tension, vous devez savoir comment on convertit des kilovolts en volts et vice-versa. Pour convertir des kilovolts en volts la virgule est déplacée de trois chiffres à droite, et pour convertir des volts en kilovolts, elle est déplacée de trois chiffres à gauche. Par exemple, 5 kilovolts sont égaux à 5 000 volts, puisque la virgule se trouve initialement après le 5. On ajoute trois zéros pour les chiffres supplémentaires. De la même manière, 450 volts sont égaux à 0,45 kilovolt, puisque la virgule est déplacée de trois chiffres à gauche.

CONVERSION DES UNITÉS DE TENSION

Conversion de volts en kilovolts

Déplacez la virgule de trois chiffres à gauche.

450 volts = 0,45 kilovolt

Conversion de kilovolts en volts

Déplacez la virgule de trois chiffres à droite.

5 kilovolts = 5 000 volts

Conversions de volts en millivolts

Déplacez la virgule de trois chiffres à droite

15 volts = 15 000 millivolts

Conversion de millivolts en volts

Déplacez le virgule de trois chiffres à gauche.

500 millivolts = 0,5 volt

Conversion de volts en microvolts

Déplacez la virgule de six chiffres à droite.

15 volts = 15 000 000 microvolts

Conversion de microvolts en volts

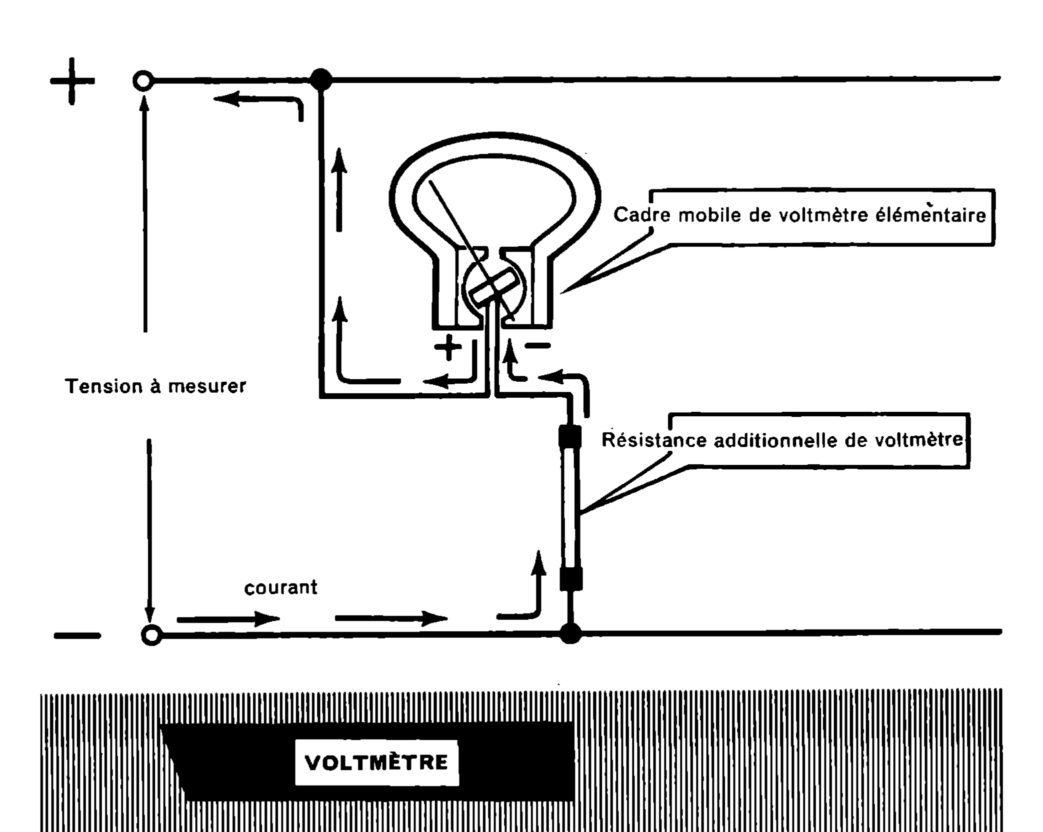
Déplacez la virgule de six chiffres à gauche

3 505 microvolts = 0,003 505 volt

COMMENT FONCTIONNE UN VOLTMÈTRE

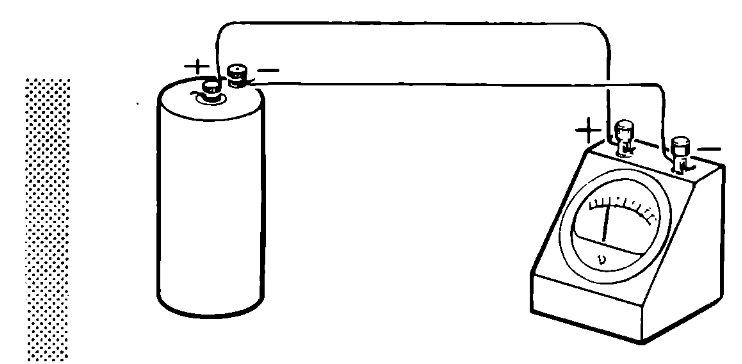
Un ampèremètre mesure la vitesse à laquelle des charges se déplacent dans une matière. Puisque l'intensité du courant varie selon la différence de potentiel entre les charges, un grand courant dans une matière indique qu'il existe une grande tension. On mesure la tension avec un voltmètre, qui mesure en réalité l'intensité du courant dans un dispositif monté en série avec le voltmètre et que l'on appelle résistance additionnelle d'un voltmètre. Vous étudierez plus loin les résistances. Retenez seulement que, pour une résistance donnée, l'appareil de mesure indique un courant fort si la tension est élevée, et un courant faible si la tension est faible. On peut donc graduer l'échelle de mesure directement en volts.

La valeur de la résistance additionnelle détermine l'étendue du calibre de mesure du voltmètre. Puisque la plupart des voltmètres que vous aurez l'occasion d'utiliser comprennent une résistance additionnelle, vous pouvez mesurer des tensions en effectuant des couplages très simples. Il suffit de relier la borne (+) du voltmètre à la borne (+) de votre source de tension, et la borne (-) du voltmètre à la borne (-) de la source de tension pour pouvoir lire la tension directement sur l'échelle de mesure du voltmètre, lorsque rien d'autre n'est monté en série avec celui-ci. Chaque fois que vous utilisez un voltmètre, vous devez prendre soin de brancher l'appareil correctement et d'utiliser un calibre de mesure supérieur à la tension maximum que vous comptez mesurer.



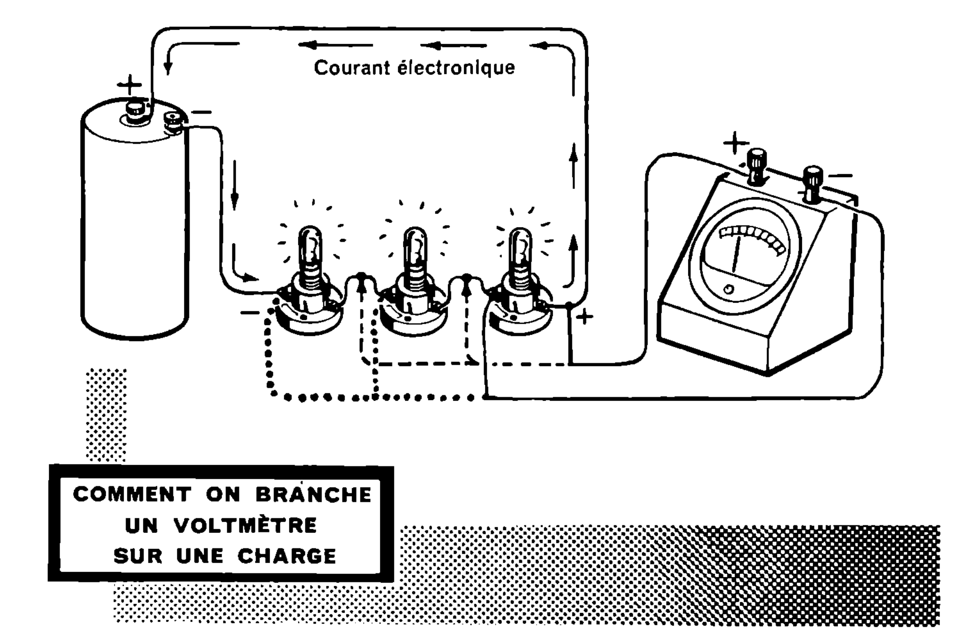
COMMENT ON SE SERT D'UN VOLTMÈTRE

Le voltmètre sert à mesurer la tension électrique à n'importe quel endroit d'un circuit. Lorsqu'on veut mesurer la tension d'une source de tension telle qu'une batterie, la borne négative du voltmètre est toujours reliée à la borne négative de la batterie, et la borne positive du voltmètre est reliée à la borne positive de la batterie. Si l'on inverse cette connexion, l'aiguille du voltmètre dévie à gauche du point de zéro sur l'échelle, et on n'obtient par conséquent pas de mesure du tout.



CONNEXION D'UN VOLTMÈTRE : BORNE POSITIVE À BORNE POSITIVE, BORNE NÉGATIVE À BORNE NÉGATIVE

Lorsqu'on veut se servir du voltmètre pour mesurer la tension entre les bornes d'un circuit de charge, la borne négative du voltmètre doit être reliée au côté de la charge où entrent les électrons (le côté -) et la borne positive est reliée au côté par lequel sortent les électrons de la charge (côté +).



COMMENT ON BRANCHE UN VOLTMÈTRE SUR UNE CHARGE

VOLTMÈTRES À CALIBRES MULTIPLES

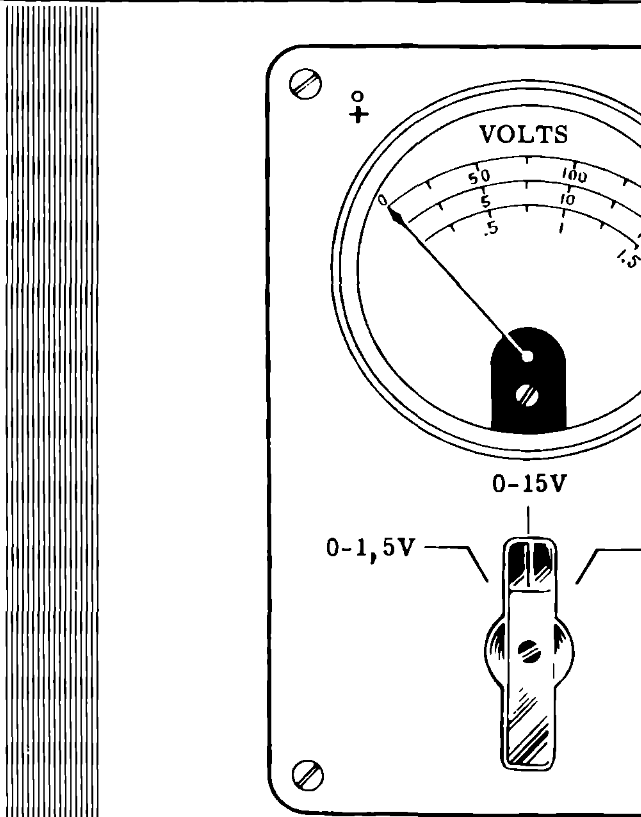
On peut élargir la gamme de mesure des tensions d'un voltmètre en ajoutant une résistance additionnelle que l'on introduit dans le circuit du voltmètre en la montant en série avec le cadre mobile élémentaire. Cette résistance additionnelle provoque une diminution de la déviation de l'aiguille, et, en utilisant des résistances additionnelles de valeurs connues, on peut réduire la déviation de l'aiguille d'autant qu'on le veut.

Les voltmètres à calibres multiples sont, tout comme les ampèremètres à calibres multiples, des appareils que vous utiliserez souvent. En apparence, ils sont très semblables aux ampèremètres, et leurs résistances additionnelles sont généralement incorporées aux appareils qui comportent, soit les commutateurs appropriés, soit une série de bornes extérieures pour permettre de changer de calibre. On trouve le calibre approprié en essayant d'abord celui qui comporte les valeurs les plus élevées, puis dans l'ordre décroissant les autres jusqu'à ce que l'aiguille se trouve à peu près au milieu de l'échelle.

Les voltmètres à calibres sont extrêmements utiles parce qu'ils sont légers, transportables et parce qu'ils permettent de changer de calibre par simple manipulation d'un commutateur.

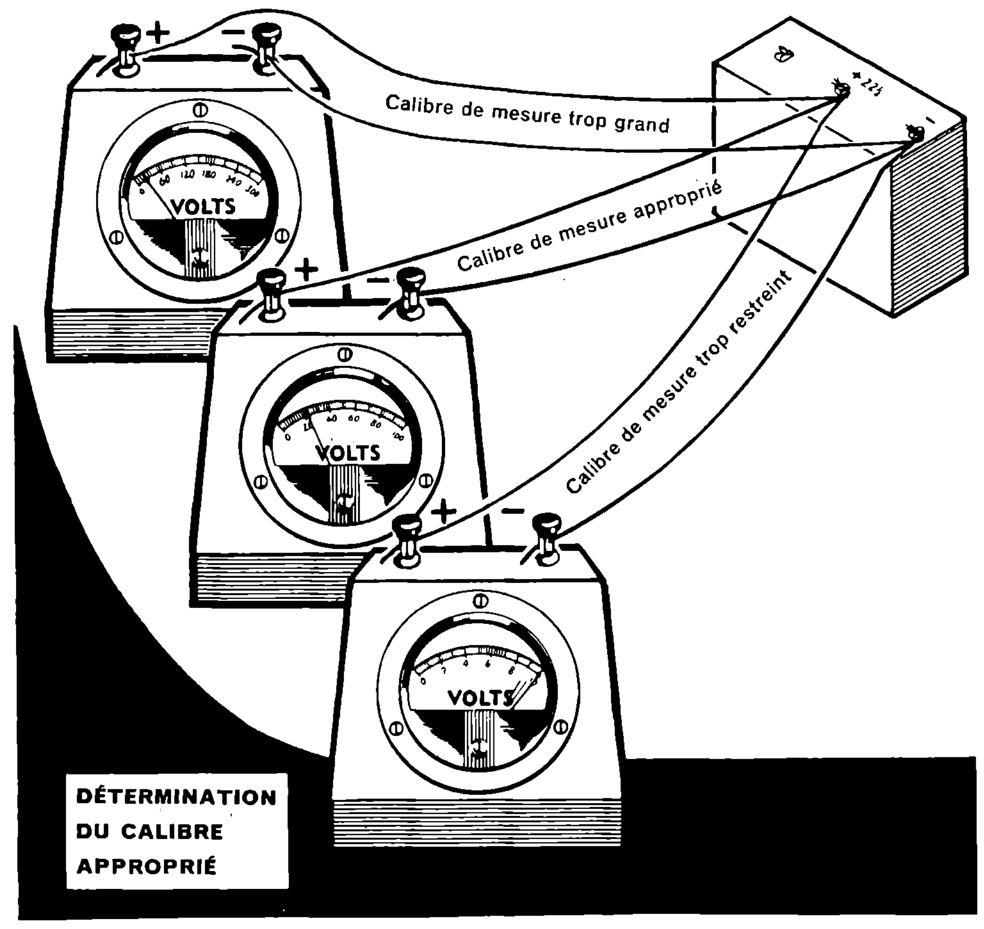
Le schéma simplifié ci-dessous représente un voltmètre à trois calibres.

VOLTMÈTRE À CALIBRES MULTIPLES TYPIQUE COMPORTANT 3 CALIBRES



DÉMONSTRATION. CALIBRES DE VOLTMÈTRES

Pour montrer comment il faut choisir le calibre lorsqu'on veut mesurer une tension en courant continu, le professeur relie à chacun des pôles positif et négatif d'une batterie de 22,5 volts plusieurs fils, sur lesquels il branche successivement trois voltmètres. Comme vous le voyez, la déviation de l'aiguille du voltmètre, dont le calibre est de 300 volts, est trop faible pour qu'on puisse la lire correctement. D'autre part, avec le calibre de 10 volts, la déviation de l'aiguille est beaucoup trop forte, car elle dépasse le maximum de l'échelle. Seul le calibre de 100 volts permet une mesure précise, car la déviation de l'aiguille est d'un peu plus du 1/5 de la totalité de l'échelle.

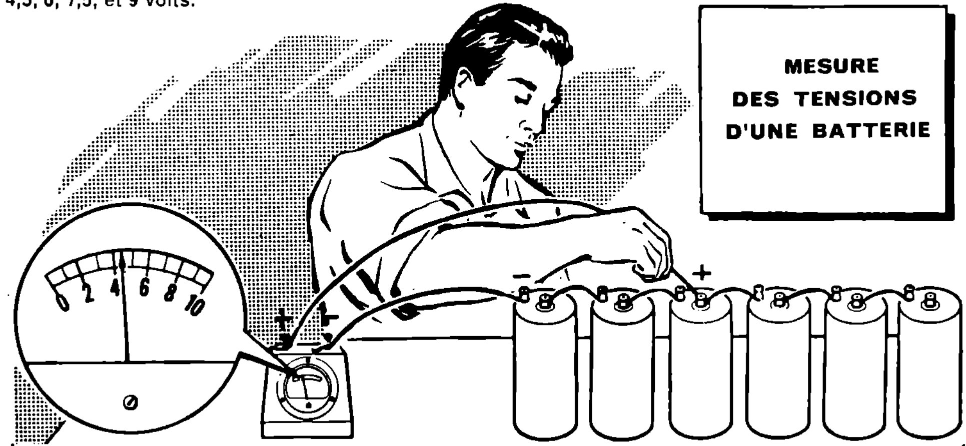


Pour illustrer encore davantage l'importance du choix du calibre approprié, le professeur répète la même expérience avec des tensions différentes obtenues par couplage en série de batteries formées de piles sèches. Observez que le professeur utilise toujours d'abord le calibre le plus grand et puis, dans l'ordre décroissant, les autres jusqu'à trouver le calibre correct. Il respecte cette règle aussi bien pour une tension de 3 volts que pour une tension de 300 volts.

Maintenant, le professeur se sert d'un voltmètre dont le calibre de mesure est relativement grand, pour vérifier la polarité d'une tension. Vous voyez que le professeur n'utilise pas, pour ce test, un petit calibre et qu'il ne laisse pas le voltmètre branché plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour constater si l'aiguille dévie dans le sens correct.

DÉMONSTRATION. TENSION ET COURANT

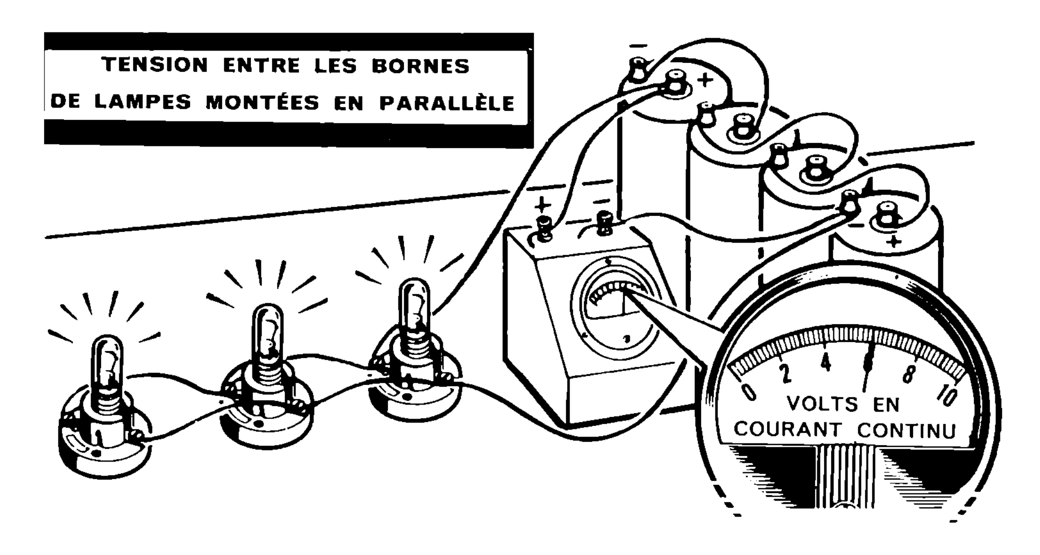
Pour montrer comment la tension influence le courant, le professeur monte six piles sèches en série de façon à former une batterie de 9 volts. Pour cela, il relie les piles entre elles de (+) à (-). Puis, il relie la borne (-) d'un voltmètre de calibre 10 volts à la borne (-) de la batterie, et établit successivement des contacts entre chacune des piles et la borne (+) de la batterie. Remarquez que les tensions des six piles sèches s'additionnent et que, en établissant successivement des contacts entre la borne (+) de chaque pile et la borne (+) du voltmètre, on obtient des mesures de 1,5, 3, 4,5, 6, 7,5, et 9 volts.



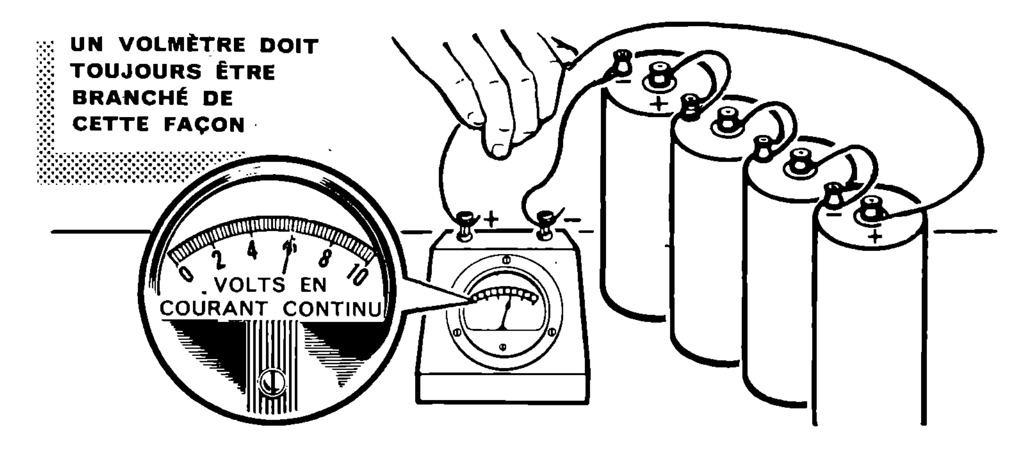
Maintenant, deux fils guipés pour connexions sont reliés aux bornes d'une douille de lampe, et le voltmètre est branché sur la douille. Le fil de la borne (-) de la douille, qui vient de la borne (-) du voltmètre, est relié à la borne (-) de la batterie, et une ampoule est insérée dans la douille. Lorsque le professeur établit successivement des contacts entre chacune des piles et le fil de la borne (+) de la douille, vous constatez qu'au fur et à mesure que la tension indiquée par le voltmètre augmente, la luminosité de l'ampoule s'accroît, ce qui montre que le courant s'accroît également. Vous voyez que l'ampoule, qui est calibrée pour 6 volts, donne une lumière excessive lorsque la tension est de 7,5 ou de 9 volts, c'est-à-dire lorsque la tension dépasse celle pour laquelle l'ampoule est calibrée. Vous voyez aussi que, lorsque la tension est inférieure à 6 volts, l'ampoule ne donne qu'une lumière faible, ce qui montre que le courant est insuffisant pour permettre un fonctionnement correct de l'ampoule.



Maintenant le professeur enlève deux piles de la batterie. Il branche le voltmètre sur la batterie ainsi réduite, en s'assurant de bien observer la polarité correcte de l'appareil, et vous voyez que le voltmètre indique 6 volts. Puis, il monte trois douilles de lampe en parallèle et branche cette combinaison de douilles sur la batterie de 6 volts, en insérant des ampoules dans les douilles de lampe. Chaque ampoule a la même luminosité que la première, ce qui montre que le courant entre les bornes de la batterie a augmenté. Par contre, le voltmètre n'indique qu'une variation très faible des charges aux bornes de la batterie.

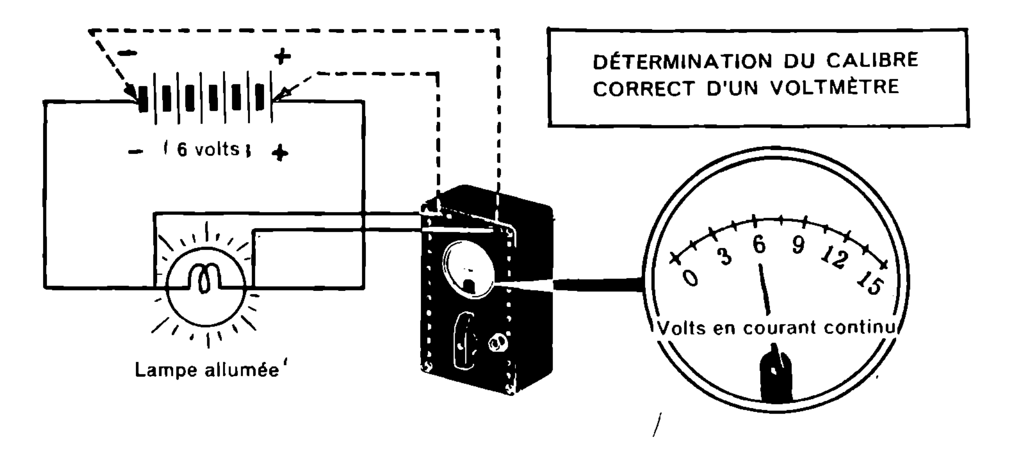


Le professeur insiste sur l'importance de la connexion correcte du voltmètre. Un voltmètre doit toujours être branché de façon que son fil positif soit relié au côté positif et son fil négatif au côté négatif de la partie de circuit dont on veut mesurer la tension. Si l'on branche le voltmètre de façon incorrecte, l'aiguille dévie à gauche du point zéro. Il en résulte que non seulement on n'obtient pas de mesure exacte, mais on ne peut même pas savoir si le calibre utilisé est approprié à la tension à mesurer. Si celle-ci est par exemple trop élevée, le voltmètre risque d'être endommagé, même dans le peu de temps qu'il faut pour inverser les connexions.

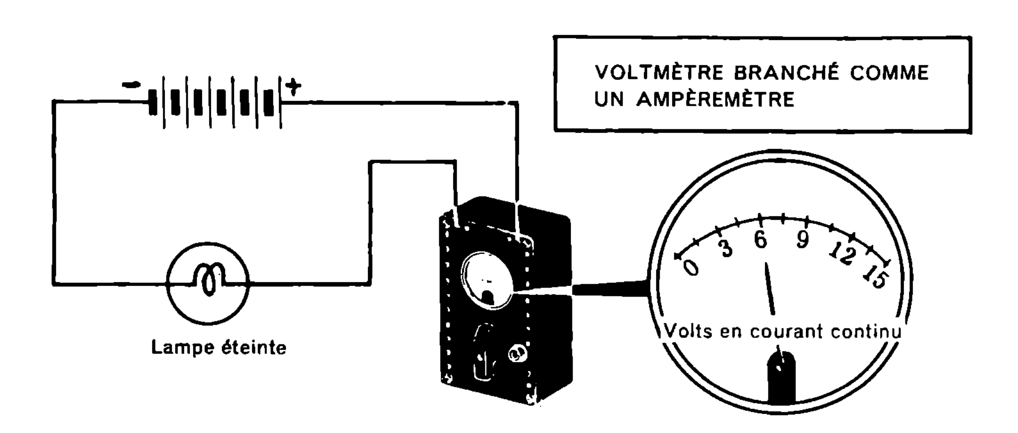


DÉMONSTRATION. CHOIX DU CALIBRE APPROPRIÉ ET CONNEXION CORRECTE D'UN VOLTMÈTRE

Pour montrer comment on trouve le calibre approprié d'un voltmètre à calibres multiples, le professeur branche une douille de lampe sur une batterie de 6 volts que forment quatre piles sèches montées en série. Il insère une ampoule dans la douille et, le voltmètre comportant les calibres 1,5, 15 et 150 volts, il met le sélecteur sur le calibre de 150 volts. Ensuite, il mesure la tension entre les bornes de la douille et entre les bornes de la batterie. Puis, il met le sélecteur sur le calibre 15 volts et répète la mesure. Il voit que le calibre de 15 volts est le calibre correct, et que la tension entre les bornes de la douille est égale à celle entre les bornes de la batterie.



Dans le même circuit, le professeur monte maintenant le voltmètre (dont le calibre est toujours celui de 15 volts) en série avec la lampe. Pour cela, il coupe l'une des connexions du voltmètre avec la lampe. Lorsque le professeur dévisse l'ampoule, le voltmètre indique zéro. Le professeur note qu'un voltmètre branché dans le circuit comme un ampèremètre indique bien la tension, mais ne permet pas un courant assez fort pour que la lampe puisse s'allumer, car la résistance en série qui est incorporée au voltmètre sur le calibre 15 volts ne permet le passage que d'un courant très faible.



RÉCAPITULATION. UNITÉS DE TENSION ET MESURES

Supposez que vous révisiez maintenant ce que vous venez d'apprendre et de voir au sujet des unités de tension et au sujet de la façon dont on mesure la tension.

UNITÉS DE TENSION

1 kilovolt = 1000 volts

$1 \text{ millivolt} = \frac{1}{1000} \text{ volt}$

$1 \text{ microvolt} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ volt}$

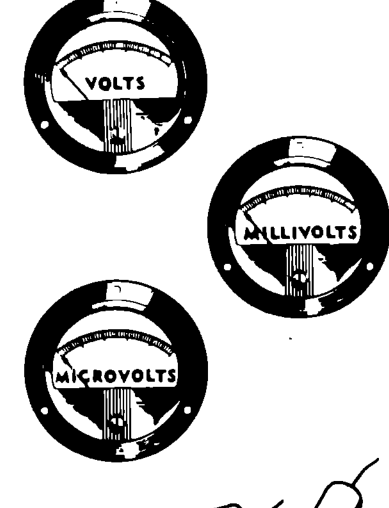
$1 \text{ volt} = \frac{1}{1000} \text{ kilovolt}$

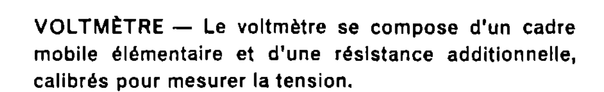
1 volt = 1000 millivolts

1 volt = 1 000 000 microvolts

CONVERSION DES UNITÉS DE TENSION

POUR CONVERTIR	DÉPLACEZ LA VIRGULE
Kilovolts en volts	de trois chiffres à droite
Volts en kilovolts	de trois chiffres à gauche
Volts en millivolts	de trois chiffres à droite
Millivolts en volts	de trois chiffres à gauche
Volts en microvolts	de six chiffres à droite
Microvolts en volts	de six chiffres à gauche
Millivolts en microvolts	de trois chiffres à droite
Microvolts en millivolts	de trois chiffres à gauche

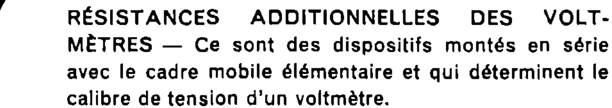




VOLTMÈTRE — Le voltmètre se compose d'un cadre mobile élémentaire et d'une résistance additionnelle, calibrés pour mesurer la tension.

MILLIVOLTMÈTRE — Le millivoltmètre est un voltmètre qui est calibré pour mesurer des tensions supérieures à 1 millivolt et inférieures à 1 volt.

MICROVOLTMÈTRE — Le microvoltmètre est un voltmètre qui est calibré pour mesurer des tensions supérieures à 1 microvolt et inférieures à 1 millivolt.



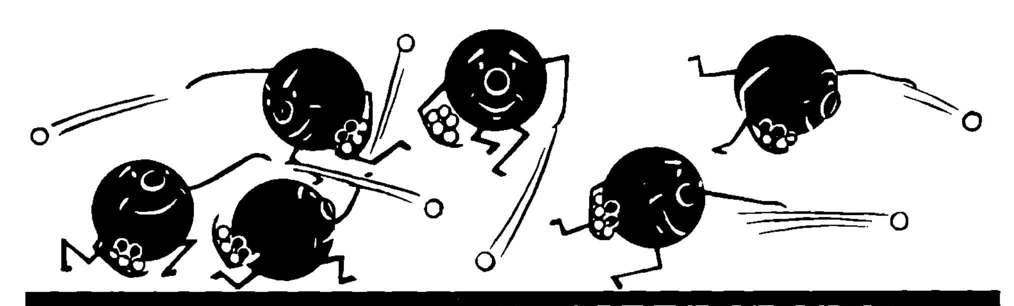
RÉSISTANCES ADDITIONNELLES DES VOLTMÈTRES — Ce sont des dispositifs montés en série avec le cadre mobile élémentaire et qui déterminent le calibre de tension d'un voltmètre.

CONTRÔLE DU COURANT — RÉSISTANCE

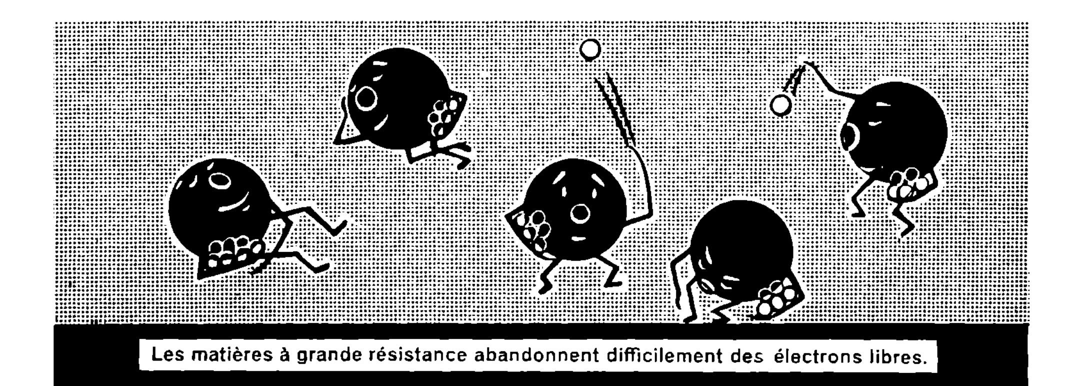
QU'EST-CE QUE LA RÉSISTANCE?

Toutes les matières ne présentent pas la même opposition au courant, c'est-à-dire au mouvement d'électrons « libres » dans une matière. Le nombre d'électrons « libres » dans une matière détermine l'opposition au courant. Les atomes de certaines matières abandonnent facilement les électrons de leurs orbites extérieures tandis que les atomes d'autres matières retiennent ces électrons. Dans ce dernier cas, on dit que la matière présente davantage d'opposition au courant. Toute matière présente une certaine opposition au courant électrique, celle-ci pouvant être forte ou faible : cette opposition est appelée résistance.





Les matières à résistance faible abandonnent facilement des électrons libres.



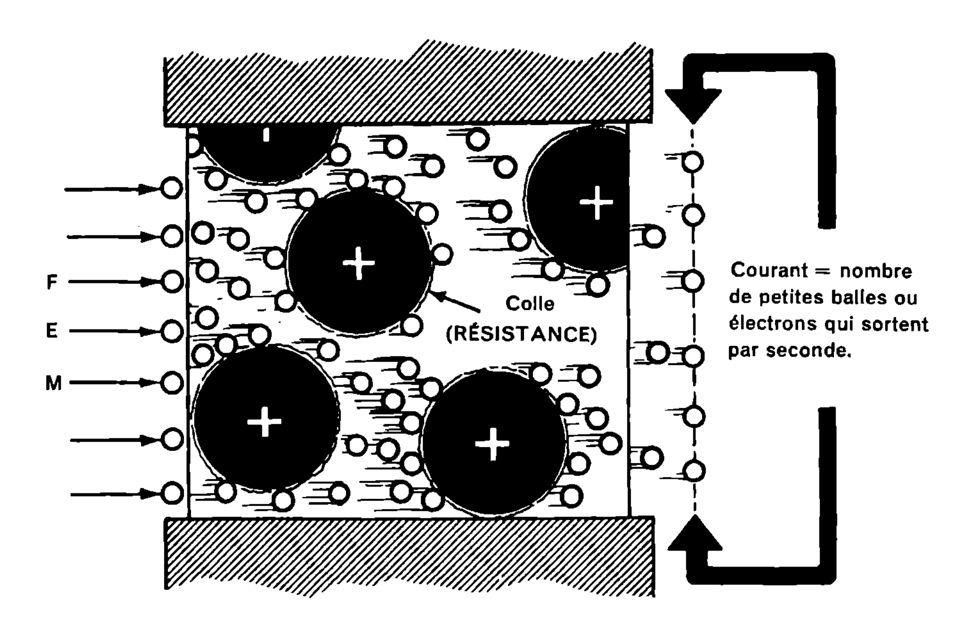
Les matières à grande résistance abandonnent difficilement des électrons libres.

Pour mieux comprendre la notion de résistance à partir de critères plus familiers, pensez à nouveau au tuyau d'eau qui vous a déjà servi d'exemple. Vous vous rappelez que le tuyau contenait un grand nombre de balles de golf qui étaient maintenues en place par des fils, et chacune de ces balles représentait un atome avec ses électrons liés. L'espace entre les balles de golf était rempli de petites balles métalliques du type balles de fusil. Chacune de ces petites balles métalliques représentait un électron libre. Lorsqu'on enlevait ces petites balles à une extrémité du tuyau pour les relancer dans l'autre, il se produisait dans le tuyau un flux de petites balles métalliques.

Pour comprendre la notion de résistance, supposez que chaque balle de golf soit recouverte d'une colle spéciale. Cette colle va adhérer à la balle de golf, et les balles d'acier vont venir s'y fixer. La force de la colle varie selon la matière qu'elle recouvre. Si cette matière est du cuivre, la colle sera très faible et les électrons libres vont facilement s'en séparer. Par contre, si la matière est du verre, la colle est très forte et ne laisse pas partir les électrons libres. Un choc (tension) qui ferait sortir des billions de petites balles métalliques de l'extrémité ouverte du tuyau lorsqu'on utilise de la colle faible ne ferait guère sortir que deux ou trois balles avec une colle forte.

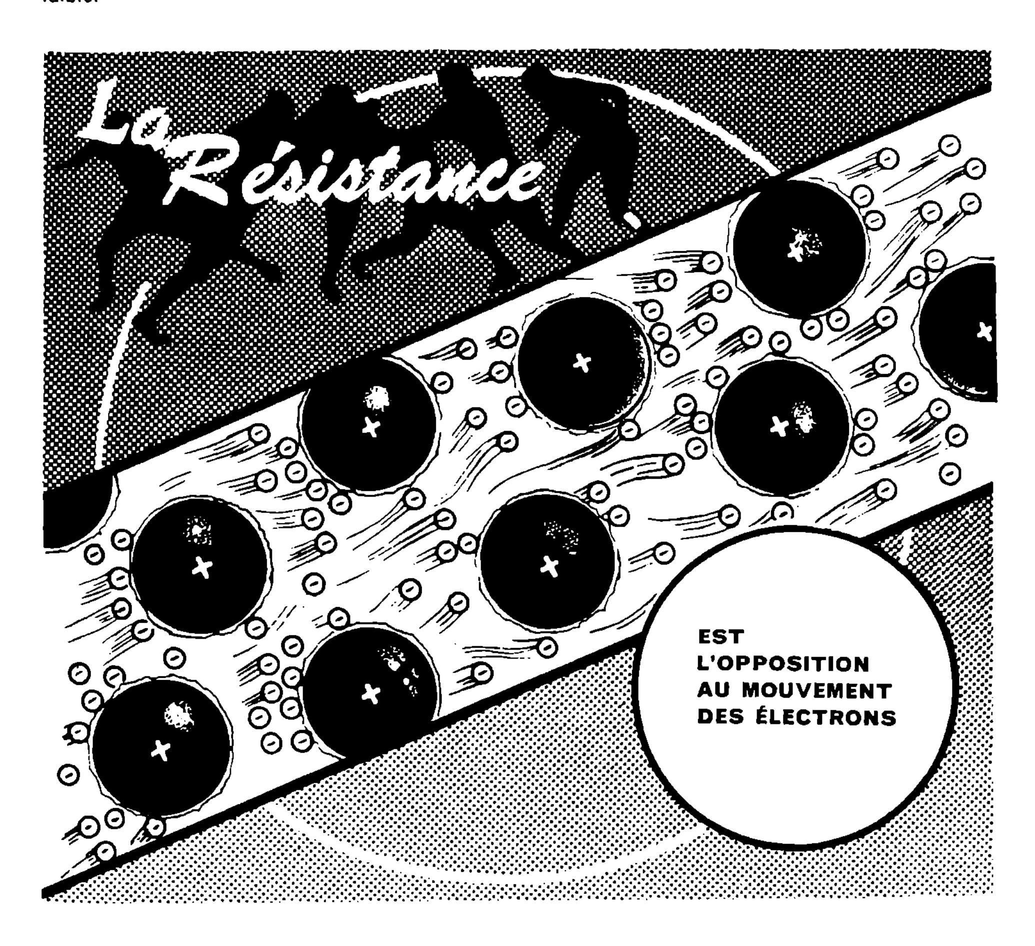
La résistance électrique d'une matière peut se comparer à la force de la colle dans l'exemple que vous venez de voir. En effet, lorsque le choc (la tension) est d'une force constante, le flux de petites balles métalliques (électrons) décroît dans la mesure où la force de la colle (résistance) augmente.

L'atome n'est évidemment pas recouvert de colle, mais l'action des champs électriques des charges positives dans le noyau, qui attirent les champs électriques des électrons sur les orbites extérieures, ressemble beaucoup à l'action de la colle. Cette force d'attraction peut être grande ou petite. Elle dépend de la structure de l'atome (genre de matière).



Vous savez qu'un courant électrique est le mouvement d'électrons « libres » dans une matière, et qu'un courant ne se produit pas tout seul, parce qu'il faut une source de force électrique pour provoquer ce mouvement d'électrons dans la matière. Vous avez vu également qu'un courant ne continuait pas si l'on enlevait la source d'énergie électrique. Tout cela vous montre qu'il existe quelque chose dans la matière qui s'oppose au courant électrique, quelque chose qui retient les électrons « libres » et ne les relâche que si l'on applique une force suffisante. Cette opposition au courant est appelée résistance. La résistance correspond à la force de la « colle » décrite sur la page précédente.

Pour une quantité de force électrique (tension) donnée, le nombre d'électrons qui se déplacent dans la matière (courant) est d'autant plus petit que l'opposition au courant (résistance) est plus grande. Pour une même source de tension, le courant est d'autant plus fort que la résistance est faible.

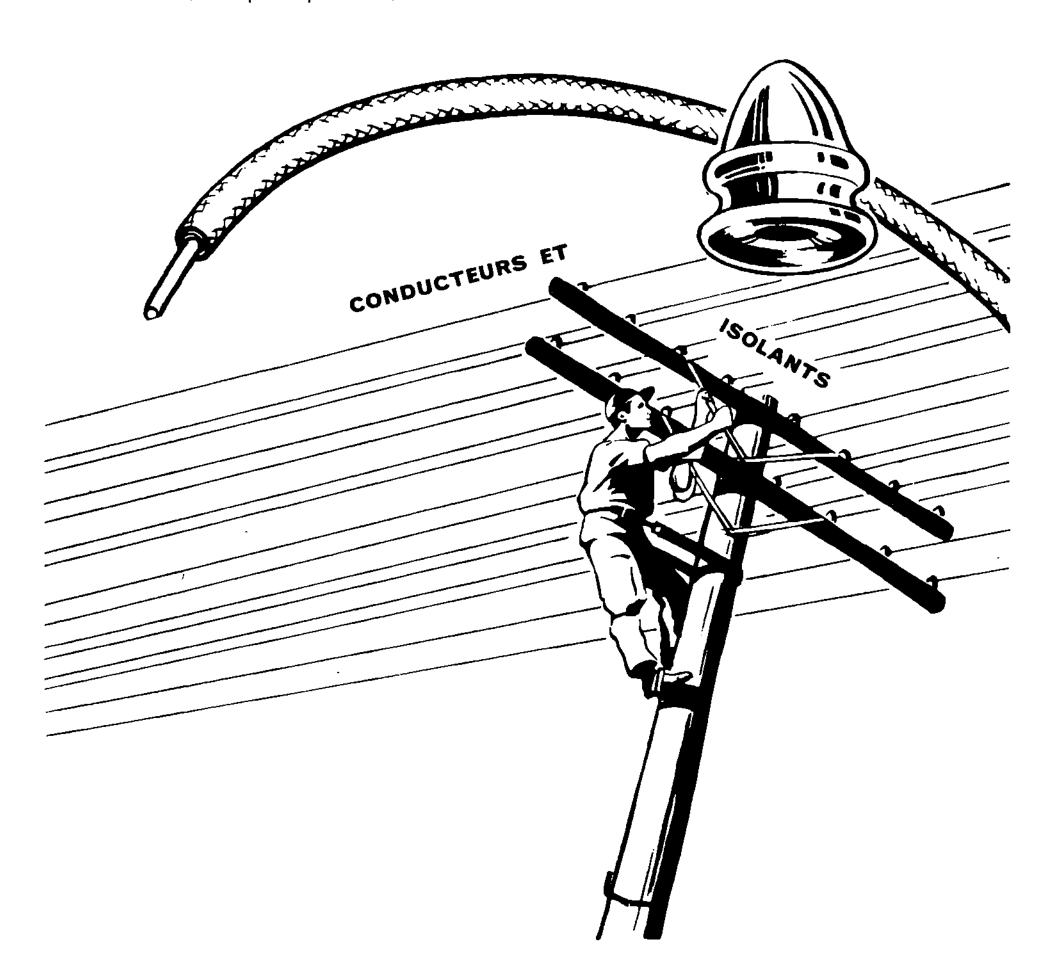


Si vous avez une source de tension déterminée, vous pouvez donc augmenter le courant en diminuant la résistance, et diminuer le courant en augmentant la résistance. En augmentant ou diminuant la résistance (opposition au mouvement des électrons) dans un circuit, vous pouvez adapter l'intensité du courant de façon à obtenir le fonctionnement correct de vos appareils.

CONDUCTEURS ET ISOLANTS

Vous avez peut-être entendu dire qu'un conducteur était un mauvais isolant et que tout isolant était un mauvais conducteur. Bien que cette constatation ne dise pas exactement ce qu'est un conducteur ni ce qu'est un isolant, elle est néanmoins vraie. Les conducteurs sont en effet des matières qui opposent très peu de résistance au courant et sont, pour cette raison, utilisées pour transporter ou « conduire » de l'électricité. Par contre, les isolants sont des matières qui opposent une forte résistance au courant, et on les utilise pour bloquer ou isoler des courants. En réalité, les conducteurs et les isolants transportent tous les deux du courant, mais en quantités très différentes, et l'intensité du courant dans un isolant est si petite qu'on la considère généralement comme étant nulle.

Les matériaux qui sont de bons conducteurs disposent d'un grand nombre d'électrons libres, tandis que les isolants n'en ont que très peu, puisque leurs atomes lâchent difficilement les électrons qui se trouvent sur les orbites extérieures des atomes. Les métaux sont les meilleurs conducteurs. Le cuivre, l'aluminium et le fer sont très couramment employés pour transporter du courant électrique. Parmi les matières non métalliques, on utilise surtout le carbone et l'eau ordinaire comme conducteurs, tandis que des matières comme le verre, le papier, le caoutchouc, la céramique et certaines matières plastiques sont couramment utilisées comme isolants.



FACTEURS DÉTERMINANT LA RÉSISTANCE. MATIÈRE

Même les meilleurs conducteurs ont encore une certaine résistance qui limite le courant. La résistance d'un objet quelconque, par exemple celle d'un fil conducteur, dépend de quatre facteurs qui sont les suivants : la matière dont se compose l'objet, sa longueur, son diamètre et sa température. Supposez que vous examiniez successivement l'influence de chacun de ces quatre facteurs sur la résistance totale d'un objet.

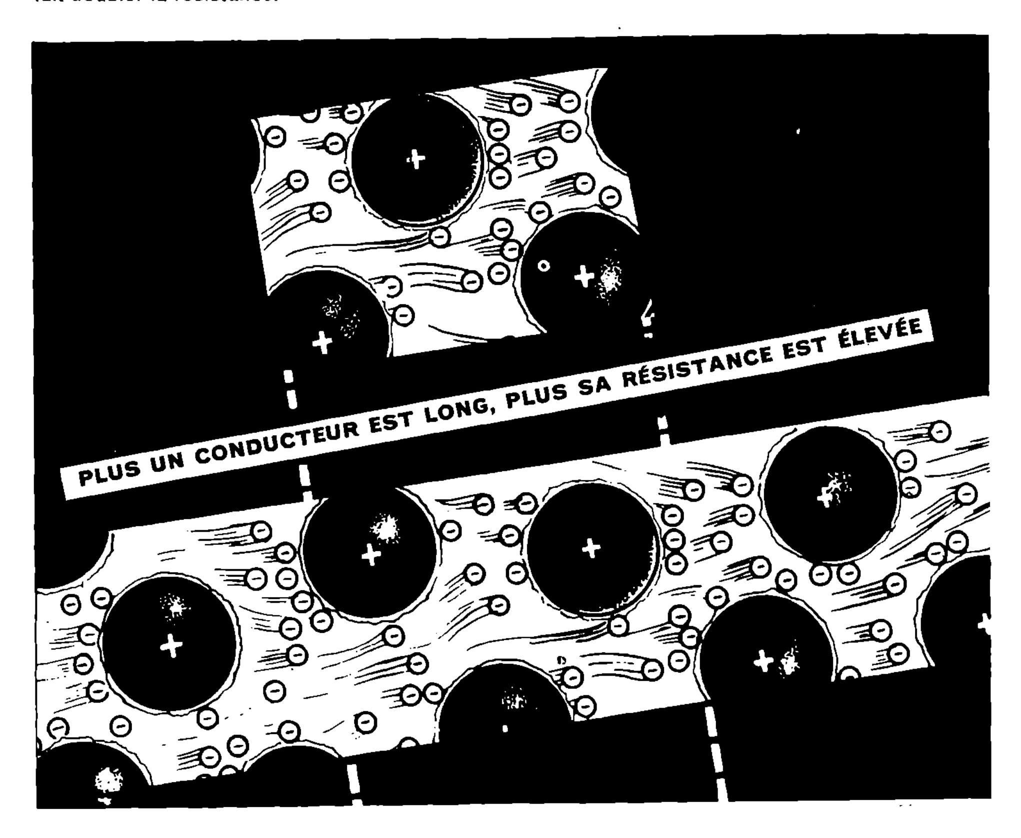
Vous savez déjà que la résistance dépend de la matière dont se compose l'objet. La facilité avec laquelle différentes matières se séparent des électrons extérieurs est un facteur très important qui détermine fortement la résistance d'un objet. Si vous preniez quatre fils conducteurs de longueurs et de diamètres identiques, mais de matières différentes (d'argent, de cuivre, d'aluminium et de fer), vous constateriez que ces quatre fils ont chacun une résistance différente de celle des autres. Si on les branchait successivement sur une pile sèche, le courant serait le plus fort dans le fil d'argent. L'argent est en effet le meilleur conducteur de courant électrique. Suivent dans l'ordre décroissant : le cuivre, l'aluminium et le fer. Mais toute matière est, jusqu'à un certain point, un conducteur. Il en résulte que l'on peut donner à chaque matière une valeur de « resistivité », qui indique à quel point cette matière laisse passer un courant électrique.



FACTEURS DÉTERMINANT LA RÉSISTANCE. LONGUEUR

Le second facteur qui affecte lui aussi de façon très importante la résistance, est la longueur du conducteur. Plus un conducteur est long, plus sa résistance est grande, et plus il est court, plus sa résistance est faible. Vous savez qu'une matière comme le fer, par exemple, ne résiste au courant que parce que les atomes de cette matière retiennent jusqu'à un certain point leurs électrons extérieurs. Il est donc logique que, plus on met de fer sur le chemin d'un courant électrique, moins le courant est grand.

Supposez que vous vouliez monter un fil de fer de 100 mm de long et d'un diamètre de 0,25 mm en série avec un ampèremètre. Dès que vous branchez cet ensemble sur une pile sèche, il va se produire un courant. L'intensité du courant dans le fil dépend de la tension que fournit la pile sèche ainsi que du nombre de fois que l'électron est « attiré » par des atomes pendant son voyage à travers le conducteur. Si vous doubliez la longueur du fil de fer, de façon à lui donner une longueur de 200mm, il y aurait deux fois plus de fer sur le chemin du courant électrique et l'électron serait arrêté dans son voyage entre les bornes de la source de tension, par un nombre deux fois plus grand d'atomes. En doublant la longueur du fil, on met deux fois plus d'obstacles sur le chemin du courant, ce qui fait doubler la résistance.



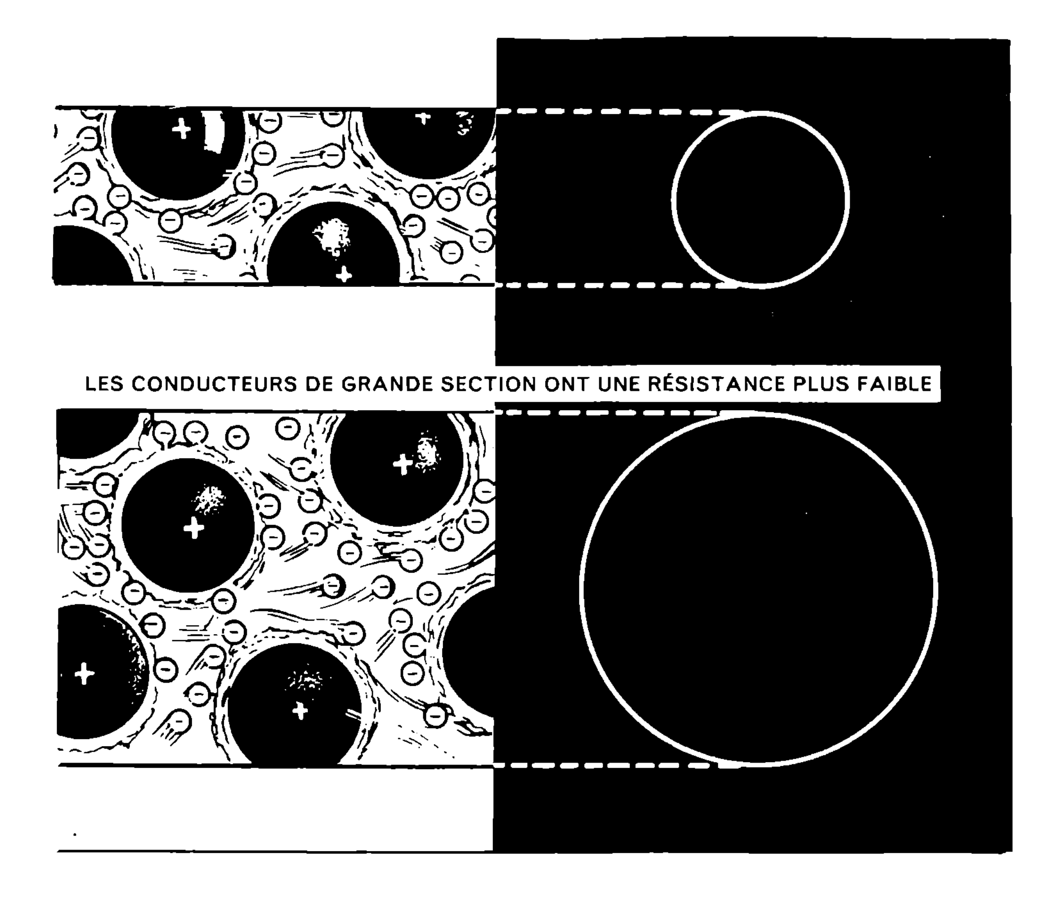
Plus un conducteur est long, plus il oppose de résistance au courant électrique. Plus la longueur d'un fil conducteur donné est limitée, plus la résistance est faible.

FACTEURS DÉTERMINANT LA RÉSISTANCE. SECTION

Le troisième facteur qui détermine la résistance d'un conducteur est la section. Pour comprendre ce que c'est que la section, supposez que vous coupiez un fil conducteur à n'importe quel endroit dans le sens de la largeur. La surface de coupe du conducteur définit alors la section. Plus cette surface est grande, plus la résistance du conducteur est petite; plus cette surface est petite, plus la résistance est grande.

Pour comprendre ce fait à l'aide d'un exemple pratique, supposez que vous montiez un fil de fer d'une longueur de 10 cm environ et d'un diamètre de 0,25 mm en série avec un ampèremètre. Au moment où vous branchez l'ensemble sur une pile sèche, il se produit un certain courant électrique. L'intensité de ce courant dépend de la tension de la pile sèche et du fil conducteur que le courant doit traverser entre les deux bornes de la pile. Vous voyez que le fil conducteur choisi est de très faible diamètre (0,25 mm). Si vous remplaciez ce fil par un autre de la même longueur mais d'une section deux fois plus grande que celle du premier, le courant doublerait. Ceci s'explique par le fait que le courant dispose maintenant d'un « passage plus large » : le nombre d'électrons libres est en effet deux fois plus grand, tandis que la longueur du trajet est restée la même.

Plus la section d'un conducteur est grande, plus la résistance est faible. Plus la section est petite, plus la résistance est grande.



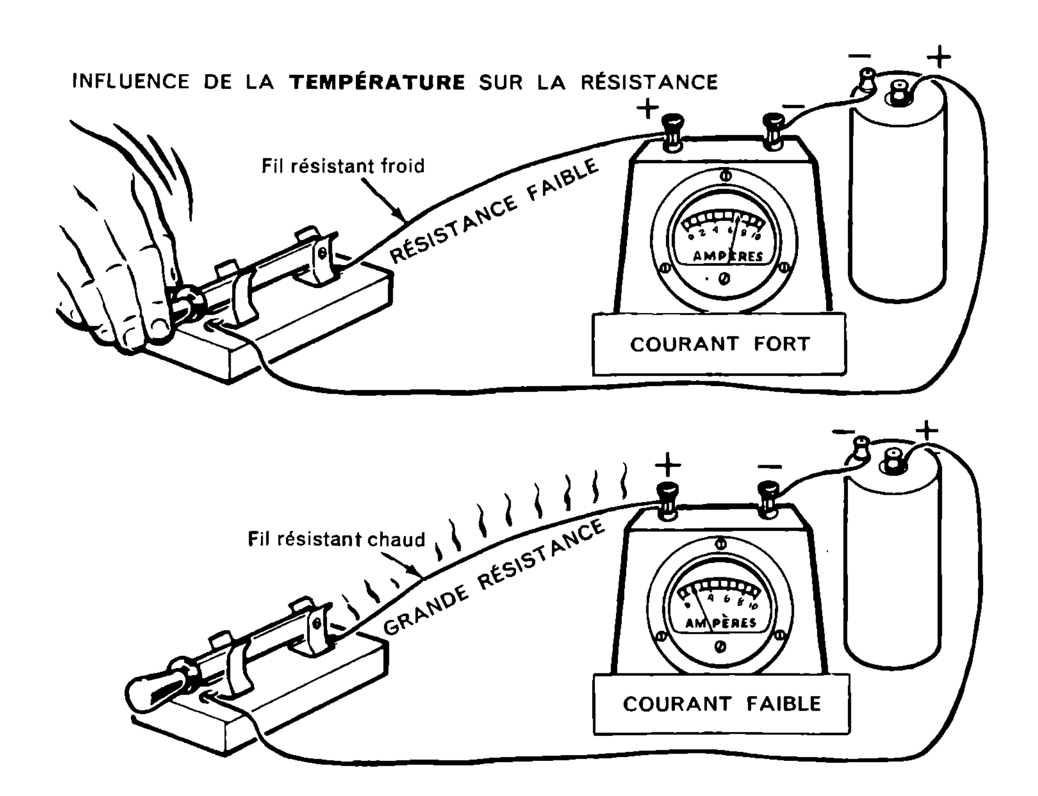
LES CONDUCTEURS DE GRANDE SECTION ONT UNE RÉSISTANCE PLUS FAIBLE

FACTEURS DÉTERMINANT LA RÉSISTANCE. TEMPÉRATURE

Le dernier des facteurs qui déterminent la résistance d'un conducteur est sa température. Pour la plupart des matières, la résistance croît avec la température. Plus la température est élevée, plus la résistance est grande, et plus la température est basse, plus la résistance est faible. Ceci s'explique par le fait que l'élévation de la température d'une matière limite la facilité avec laquelle les atomes se séparent des électrons de leurs orbites extérieures.

Vous pouvez vérifier l'influence de la température sur la résistance en montant en série un morceau de fil résistant, un commutateur et une pile sèche. Lorsque vous fermez le commutateur, il se produit dans le fil un courant d'une certaine intensité. En peu de temps, le fil commence à chauffer, et les atomes retiennent plus fortement les électrons sur leurs orbites extérieures. Il en résulte une augmentation de la résistance, que vous pouvez constater en regardant l'ampèremètre. Plus le fil chauffe, plus la résistance s'accroît et plus le courant indiqué par l'ampèremètre tombe. Lorsque le fil atteint sa température maximum, la résistance cesse de s'accroître et le courant indiqué par l'ampèremètre devient constant.

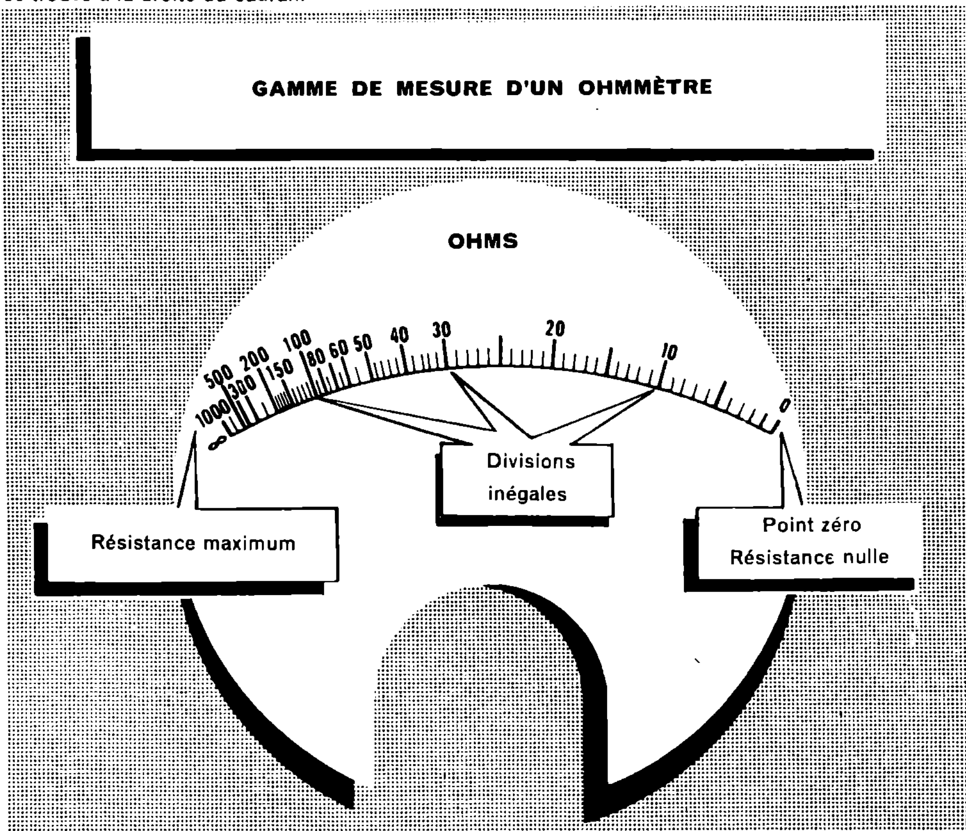
Pour certaines matières telles que le carbone et les solutions électrolytiques, la résistance décroît avec l'augmentation de la température. L'influence de la température sur la résistance varie donc selon les matières. Pour des matières comme le cuivre et l'aluminium, cette influence est très faible. L'influence de la température sur la résistance est le moins important des quatre facteurs qui déterminent la résistance et qui sont : la matière, la longueur, la section et la température.



COMMENT ON MESURE LA RÉSISTANCE

Le voltmètre et l'ampèremètre sont des appareils de mesure qui vous sont déjà familiers et que vous avez utilisés pour mesurer des tensions et des intensités de courant. Les appareils qui servent à mesurer la résistance s'appellent ohmmètres. Les ohmmètres se distinguent des voltmètres et des ampèremètres notamment par le fait que les divisions sur leur échelle de mesure ne sont pas toutes égales, et que l'ohmmètre exige, pour fonctionner correctement, l'incorporation d'une batterie dans l'appareil. Lorsque vous utilisez un ohmmètre, prenez toujours soin de vérifier qu'aucune tension sauf celle de l'ohmmètre n'est appliquée à la résistance que vous voulez mesurer. Autrement, votre ohmmètre serait endommagé.

Les gammes de mesure des ohmmètres varient généralement entre 0-1 000 ohms et 0-10 mégohms. L'exactitude des mesures diminue vers la fin des échelles, particulièrement pour les mégohmmètres, parce que les divisions sont tellement rapprochées les unes des autres que l'on ne peut plus obtenir de mesure précise. Par opposition à d'autres appareils de mesure, le point zéro d'un ohmmètre se trouve à la droite du cadran.



Pour mesurer des valeurs de résistance supérieures à 10 mégohms, il faut des ohmmètres spéciaux appelés « mégohmmètres », parce que la tension incorporée dans l'appareil doit être très grande pour des résistances au-dessus de 10 mégohms. Certains mégohmmètres utilisent des batteries à haute tension, d'autres utilisent un type spécial de générateur manuel pour obtenir la tension nécessaire. Tandis que les ohmmètres sont utilisés pour mesurer la résistance de conducteur, les mégohmmètres sont surtout utilisés pour mesurer et vérifier la résistance d'isolement.

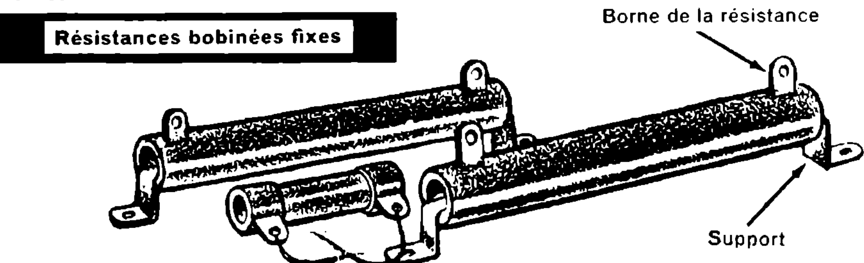
RÉSISTANCES. CONSTRUCTION ET PROPRIÉTÉS

Tout appareil électrique que vous utilisez a une certaine résistance. Cependant, cette résistance peut être insuffisante pour limiter le courant au point où on le veut. Lorsqu'on a ainsi besoin d'une limitation supplémentaire du courant, comme par exemple au démarrage d'un moteur, on ajoute une résistance à celle de l'appareil dont on se sert.

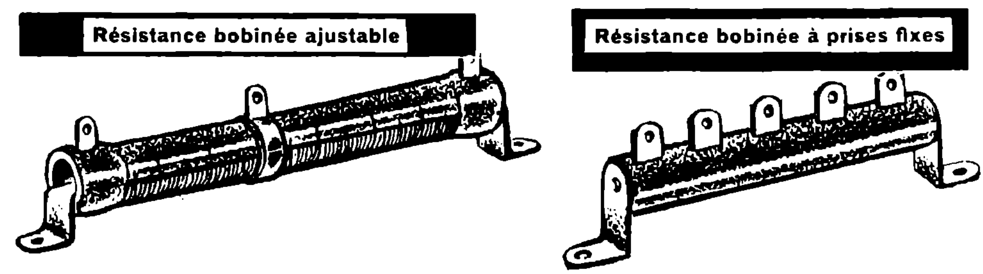
Vous utiliserez des types de résistances très différents. Certaines résistances ont en effet une valeur fixe, tandis que d'autres sont variables. Les résistances se composent, soit d'un fil conducteur spécial, soit d'un mélange de graphite (carbone), soit d'une pellicule de métal. Les résistances bobinées sont généralement employées avec des courants assez forts, tandis que les résistances au carbone sont utilisées avec des courants relativement faibles.

Les résistances vitrifiées émaillées se composent d'un enroulement de fil résistant sur de la porcelaine. Les extrémités du fil sont attachées à des bornes métalliques, et l'ensemble du fil et de la porcelaine est recouvert de verre pulvérulent et de porcelaine cuite pour protéger le fil et dissiper la chaleur.

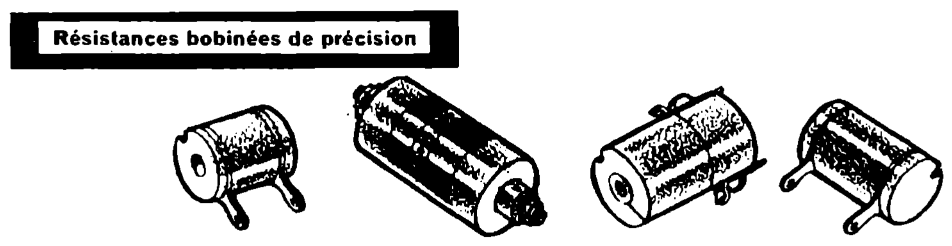
On utilise aussi des résistances bobinées fixes qui ont une couche protectrice autre qu'en porcelaine vitrifiée.



Les résistances bobinées peuvent comporter des prises fixes pour modifier la valeur de la résistance en plusieurs parties, ou bien des curseurs qui peuvent être ajustés de façon à obtenir toutes les fractions souhaitables de la résistance totale.



Dans les cas où la valeur de la résistance doit être extrêmement précise, comme par exemple dans certains appareils d'essai, on utilise des résistances de précision en fil de manganine.



UNITÉS DE RÉSISTANCE

Lorsqu'une tension de 1 volt provoque un courant de 1 ampère, la résistance est de 1 ohm.

1 VOLT

COURANT DE 1 AMPÈRE

RÉSISTANCE DE 1 OHM

Pour mesurer le courant, on utilise comme unité de mesure l'ampère; pour mesurer la tension, on utilise le volt. Ces unités de mesure sont indispensables pour pouvoir comparer des courants et des tensions différents. De la même manière, il faut une unité de mesure pour pouvoir comparer les valeurs de résistance de différents conducteurs. L'unité de résistance de base est l'ohm. Un ohm est la résistance qui permet exactement un courant de 1 ampère lorsqu'on applique au fil résistant une tension de 1 volt.

Supposez que vous branchiez un fil de cuivre sur une source de tension de 1 volt, et que vous ajustiez la longueur du fil jusqu'à ce que le courant soit exactement de 1 ampère. La résistance du fil de cuivre est alors exactement de 1 ohm. Si vous utilisez d'autres matières, par exemple du fer, de l'argent, etc., vous trouvez que la longueur et l'épaisseur du fil ne sont pas les mêmes que pour le cuivre. Cependant, vous trouvez que, pour chaque longueur de fil pour laquelle le courant est de 1 ampère lorsque le fil est branché sur une source de tension de 1 volt, la résistance est de 1 ohm. Les valeurs de résistance d'autres conducteurs de longueurs et de diamètres différents sont comparées à celle de 1 ohm, et on les exprime par conséquent en ohms.

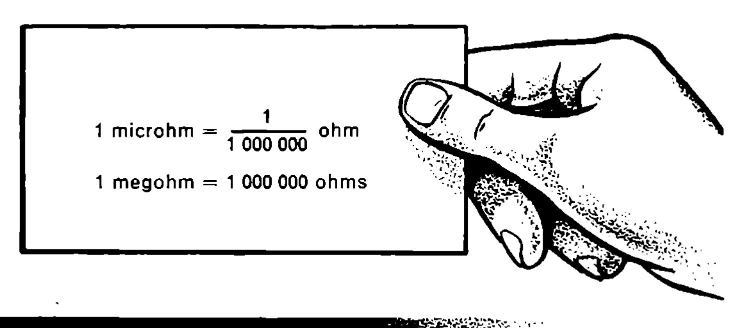
Comme pour toute autre partie d'un circuit, il existe pour la résistance un symbole que vous voyez ci-dessous.



La plupart du temps, vous utiliserez des valeurs de résistance qui peuvent être exprimées en ohms, mais, dans certains cas spéciaux, il peut vous arriver d'utiliser des résistances inférieures à 1 ohm ou supérieures à 1 million d'ohms. Les résistances inférieures à 1 ohm sont exprimées en microhms et les résistances supérieures à 1 million d'ohms sont exprimées en mégohms. Un microhm est en effet égal au millionième d'un ohm, et un mégohm est égal à un million d'ohms.

La conversion des unités de résistance se fait de la même manière que celle des unités de tension ou des unités d'intensité de courant. Pour convertir des microhms en ohms, la virgule est déplacée de six chiffres à gauche, et pour changer des ohms en microhms, la virgule est déplacée de six chiffres à droite. Pour convertir des mégohms en ohms, on déplace la virgule de six chiffres à droite, et, pour convertir des ohms en mégohms, on déplace la virgule de six chiffres à gauche.

Pour exprimer des valeurs de résistance comprises entre 1 000 ohms et 1 million d'ohms, on utilise comme unité l'ohm et son multiple le kilohm que l'on écrit par abréviation kΩ. Ainsi, 10 kilohms s'écrivent 10 kΩ et sont égaux à 10 000 ohms. Pour convertir des kilohms en ohms, on déplace la virgule de trois chiffres à droite, tandis que, pour convertir des ohms en kilohms, on déplace la virgule de trois chiffres à gauche.



CONVERSION DES UNITÉS DE RÉSISTANCE

CONVERSION DE MICROHMS EN OHMS
Déplacez la virgule de six chiffres à gauche

35 000 microhms = 0,035 ohm

CONVERSION D'OHMS EN MICROHMS
Déplacez la virgule de six chiffres à droite

3,6 ohms = 3 600 000 microhms

CONVERSION DE KILOHMS EN OHMS
Déplacez la virgule de trois chiffres à droite

6 kilohms = 6 000 ohms

CONVERSION D'OHMS EN KILOHMS
Déplacez la virgule de trois chiffres à gauche

6 530 ohms = 6,530 kilohms

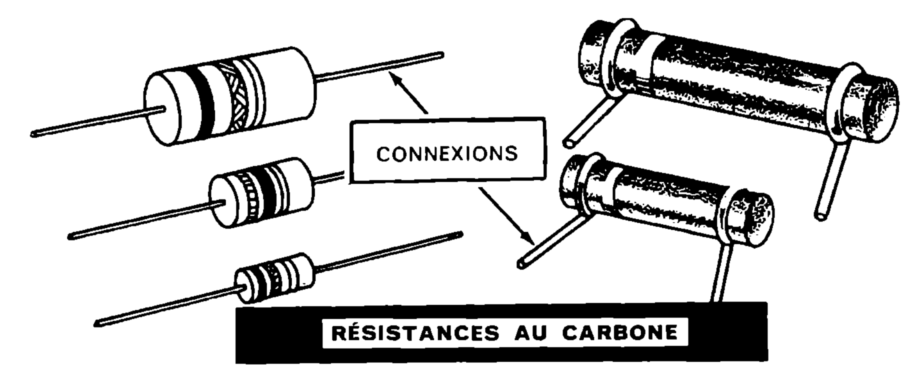
CONVERSION DE MÉGOHMS EN OHMS
Déplacez la virgule de six chiffres à droite

2,7 mégohms = 2 700 000 ohms

CONVERSION D'OHMS EN MÉGOHMS
Déplacez la virgule de six chiffres à gauche

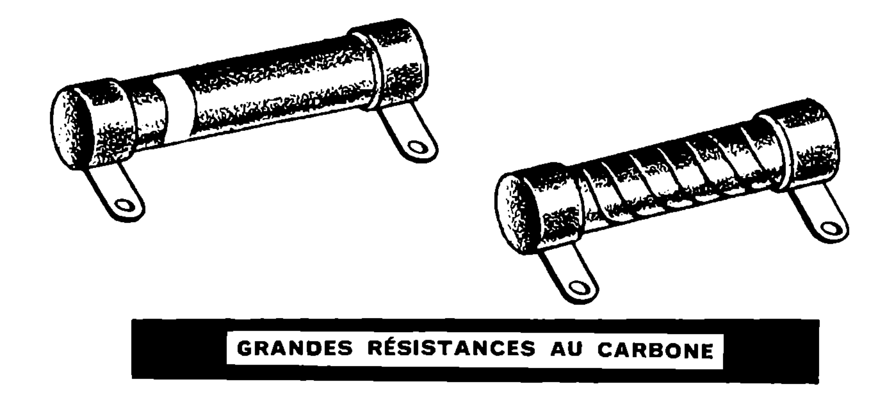
650 000 ohms = 0,65 mégohm

Les résistances au carbone se composent d'un barreau de carbone aggloméré et d'un liant. Les extrémités de ce barreau comportent des fils conducteurs. Ensuite, le barreau est, soit peint, soit recouvert d'une couche d'isolant en céramique.



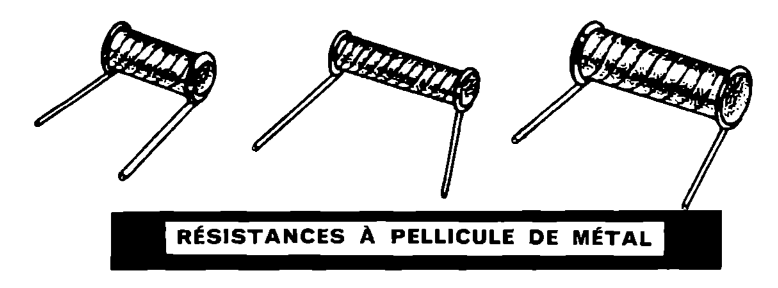
RÉSISTANCES AU CARBONE

Certaines résistances au carbone se composent d'un tube en porcelaine recouvert d'une pellicule de carbone et, dans certains cas, cette pellicule est en forme de spire, tout comme l'enroulement de fil autour du tube. La pellicule de carbone est elle-même recouverte d'émail cuit. Ceci protège la pellicule de carbone et dissipe la chaleur de sorte que la pellicule de carbone ne risque pas de surchauffer et de griller.



GRANDES RÉSISTANCES AU CARBONE

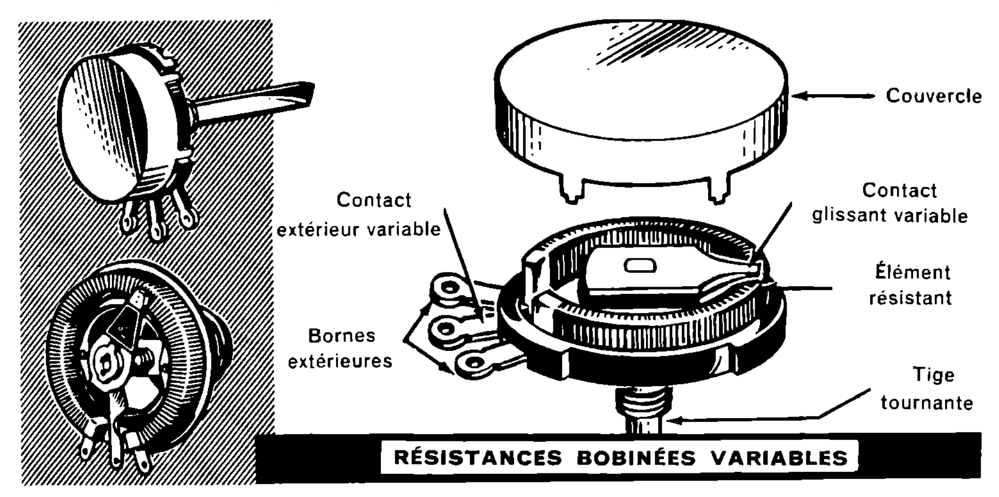
Les résistances à pellicule de métal sont construites de la même manière que les résistances au carbone à pellicule en spire, sauf que la pellicule est de métal au lieu d'être de carbone.



RÉSISTANCES À PELLICULE DE MÉTAL

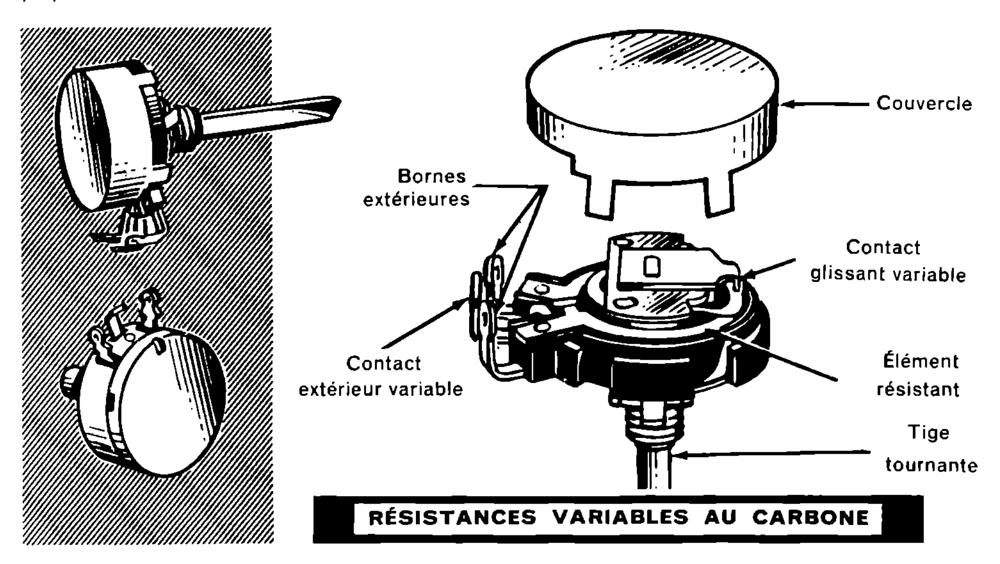
Vous n'utiliserez pas toujours des résistances de valeur fixe, car souvent vous aurez besoin de modifier la résistance pendant que vos appareils fonctionnent. Pour cela, vous utiliserez tantôt des résistances variables bobinées, tantôt des résistances variables en carbone aggloméré, selon que le courant est fort ou faible.

Les résistances variables bobinées sont construites à partir d'un cadre rond en bakélite ou en porcelaine, sur lequel on enroule du fil résistant. L'ensemble comporte en plus un contact qui peut être ajusté à n'importe quel endroit du cadre rond à l'aide d'une tige tournante. On peut alors relier un fil à ce contact mobile pour modifier la résistance.



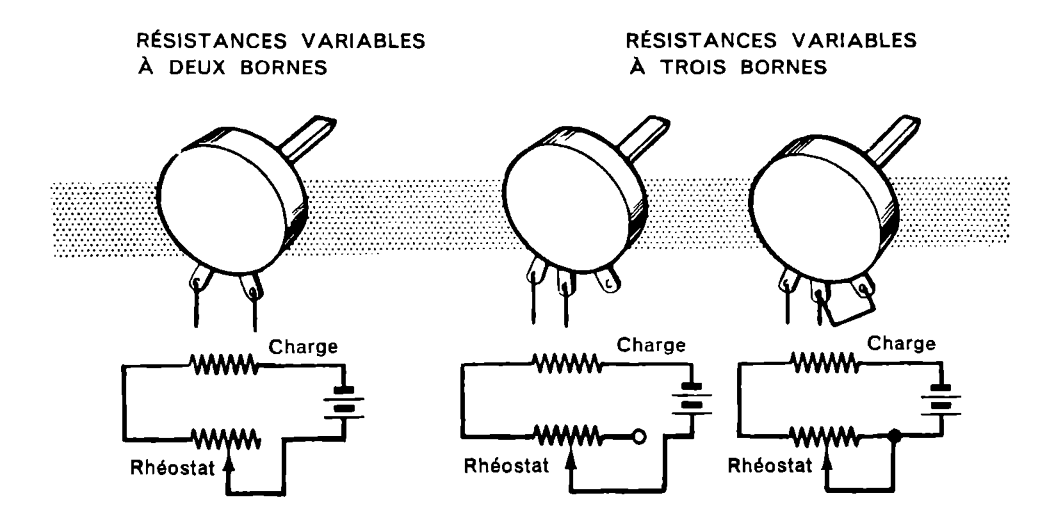
RÉSISTANCES BOBINÉES VARIABLES

Pour limiter des courants d'intensité faible, on utilise des résistances variables au carbone qui se composent d'une plaque ronde en fibre synthétique recouverte d'une composition isolante de carbone. Un contact attaché à un levier mobile sert à modifier la résistance lorsqu'on tourne la tige qui porte le levier.



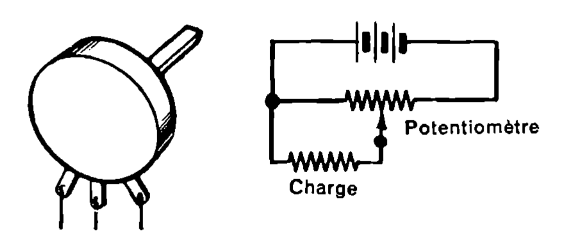
RÉSISTANCES VARIABLES AU CARBONE

Quel que soit le type de résistance variable, bobinée ou en carbone aggloméré, il peut généralement être utilisé de deux façons, soit comme rhéostat, soit comme potentiomètre. Certaines résistances variables n'ont que deux bornes et ne peuvent être utilisées que comme rhéostats. Une résistance variable à trois bornes utilisée comme rhéostat a seulement deux de ses fils branchés sur le circuit électrique et sert à varier la résistance entre ces deux fils seulement. Lorsque la borne de contact variable et l'une des bornes extérieures sont reliées directement entre elles, elles agissent dans le circuit comme un seul fil, et la résistance variable agit comme un rhéostat.



CONNEXIONS DE RHÉOSTAT

Si les trois bornes d'une résistance variable sont reliées chacune à une autre partie du circuit, la résistance est montée comme potentiomètre. Dans ce cas, la résistance entre les bornes extérieures reste toujours la même, et le levier mobile procure un contact qu'on peut mettre dans la position voulue entre les bornes extérieures. Un potentiomètre ne modifie pas la résistance totale entre les bornes extérieures, il modifie seulement la résistance entre chaque borne extérieure et le contact mobile. En déplaçant le contact mobile, on modifie en effet les deux résistances partielles dont l'une augmente à mesure que l'autre décroît.



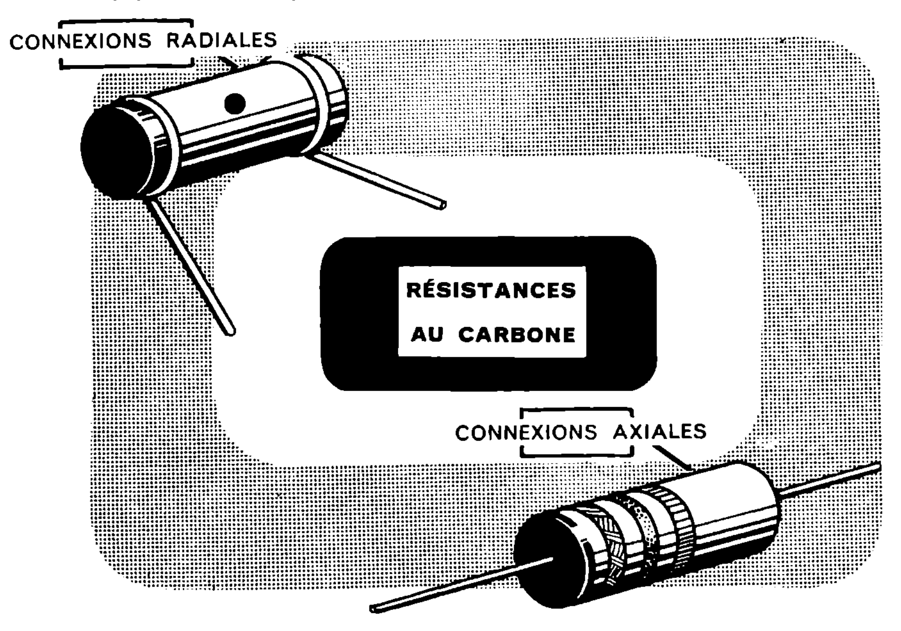
CONNEXIONS DE POTENTIOMÈTRE

CODE DES COULEURS DES RÉSISTANCES

Vous pouvez déterminer la valeur d'une résistance avec un ohmmètre, mais, dans certains cas, il est plus facile de la connaître à l'aide des marques portées sur la résistance. La plupart des résistances bobinées portent leur valeur en caractères imprimés sur le corps de la résistance. Lorsqu'une résistance ne porte pas ces marques, on est obligé de se servir d'un ohmmètre pour connaître sa valeur. Beaucoup de résistances au carbone portent également ces marques, mais elles sont souvent montées de telle sorte qu'on ne peut pas lire ces marques. De plus, la chaleur décolore souvent le corps de la résistance et rend les marques imprimées illisibles. Finalement, certaines résistances au carbone sont si petites que l'on ne pourrait lire des marques imprimées. C'est pourquoi on utilise, pour les résistances au carbone, des marques conventionnelles dont l'ensemble constitue le code des couleurs.

Il existe deux types de résistances au carbone : les résistances à connexions axiales et les résistances à connexions radiales, qui se distinguent seulement par la manière dont les fils conducteurs sont reliés au corps de la résistance. Les deux types de résistances utilisent le même code des couleurs, mais les couleurs sont peintes sur les corps des résistances de façons différentes.

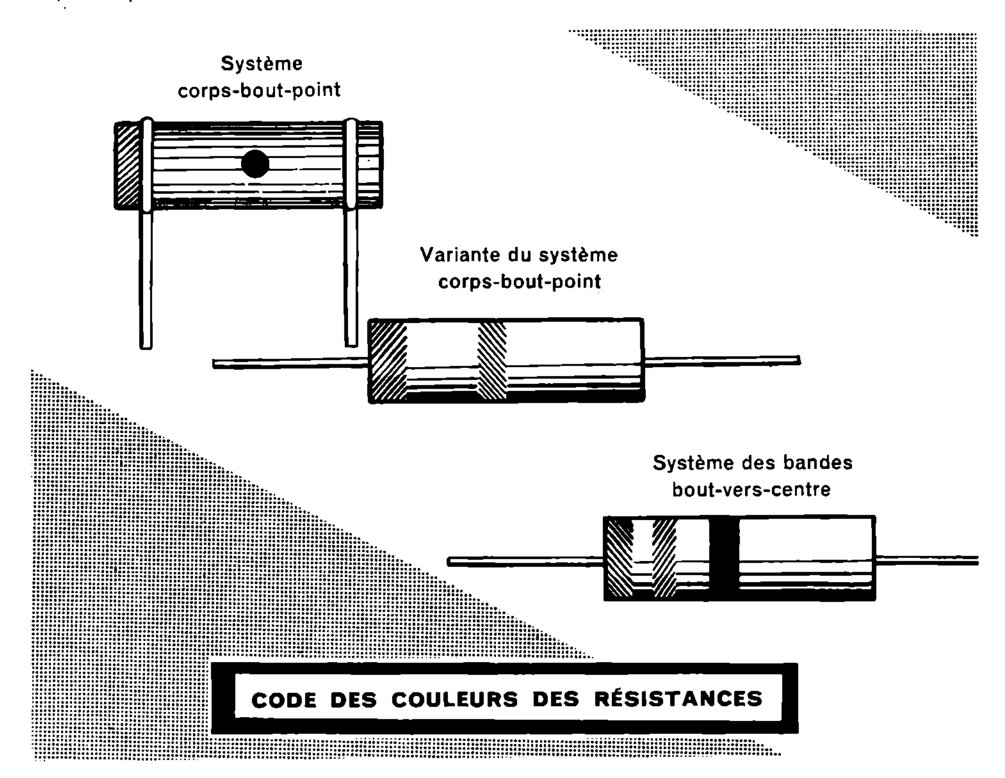
Les résistances à connexions radiales sont construites de sorte que les fils sont enroulés autour des extrémités du barreau de carbone qui constitue le corps de la résistance. Les fils partent à angle droit du corps de la résistance qui est, ainsi que les fils enroulés autour de lui, peint sans cependant être isolé, car la peinture est un mauvais isolant. A cause de ce mauvais isolement, ce type de résistance doit être monté de façon à n'être en contact avec aucune autre partie du circuit. Bien qu'elles aient été beaucoup utilisées autrefois, les résistances à connexions radiales ne sont guère employées dans les équipements électriques modernes.



Les résistances à connexions axiales sont construites de sorte que les fils sont incorporés aux deux extrémités du barreau de carbone qui constitue le corps de la résistance. Les fils sortent tout droits des bouts du barreau et suivent exactement l'axe du corps de la résistance. Le barreau de carbone est entièrement recouvert d'une couche de céramique qui est un bon isolant.

Comme vous l'avez déjà vu sur la page précédente, les résistances à connexions radiales et les résistances à connexions axiales utilisent le même code des couleurs, mais les couleurs sont peintes sur le corps des résistances de manières différentes. Les résistances à connexions radiales utilisent le système corps-bout-point, qui se trouve aussi parfois sur des résistances à connexions axiales. La plupart des résistances à connexions axiales utilisent cependant le système des bandes de couleurs bout-vers-centre.

Chacun de ces deux systèmes, qui se basent tous deux sur le code des couleurs, utilise trois couleurs pour indiquer la valeur de la résistance en ohms. Parfois une quatrième couleur est utilisée pour indiquer la tolérance de la résistance. En lisant les couleurs dans l'ordre correct et en leur substituant les nombres correspondants du code des couleurs, vous pouvez immédiatement donner tous les renseignements souhaitables sur une résistance. Lorsque vous vous serez servis pendant quelque temps du code des couleurs que vous trouvez sur la page suivante, vous connaîtrez bientôt la valeur correspondante de chaque couleur et vous pourrez déterminer la valeur d'une résistance par un simple coup d'oeil aux couleurs.

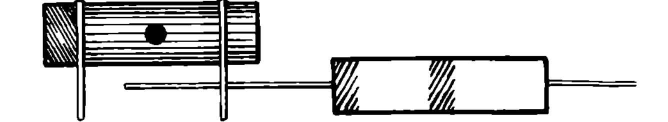


Avant de regarder et d'apprendre le code des couleurs des résistances, vous devez savoir ce qu'est la tolérance d'une résistance, il est très difficile de construire une résistance qui ait exactement la valeur voulue. Dans de nombreux cas, la résistance réelle peut être de 20 % supérieure ou inférieure à la valeur marquée sur le corps de la résistance, sans que cela crée la moindre difficulté. Souvent aussi, la résistance réelle nécessaire peut ne correspondre à la valeur marquée sur la résistance qu'à 10 % près. Cette différence entre la valeur marquée et la valeur réelle d'une résistance, qui s'exprime en %, est appelée « tolérance » d'une résistance. Une résistance qui est marquée pour une tolérance de 5 %, ne diffère pas de plus de 5 % de la valeur indiquée par le code des couleurs.

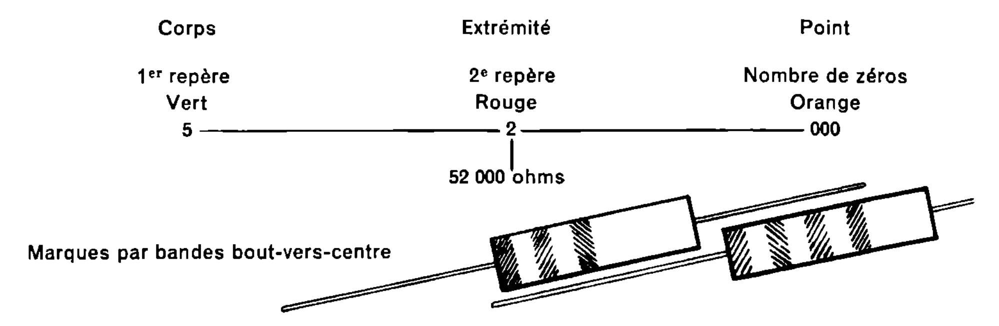
Voici comment utiliser le code des couleurs :

Couleur	Numéro	Tolérance	Couleur	Numéro	Tolérance
Noir	0	-	Violet	7	7 %
Marron	1	1 %	Gris	8	8 %
Rouge	2	2 %	Blanc	9	9 %
Orange	3	3 %	Or	-	5 %
Jaune	4	4 %	Argent	-	10 %
Vert	5	5 %	Incolore	-	20 %
Bleu	6	6 %			

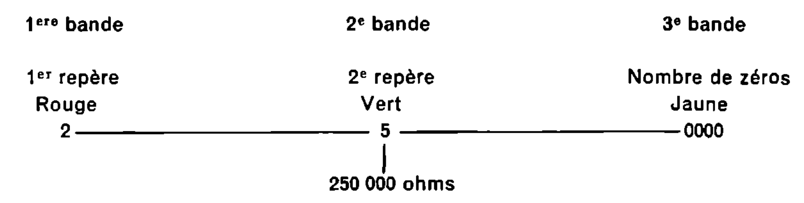
Marques corps-bout-point



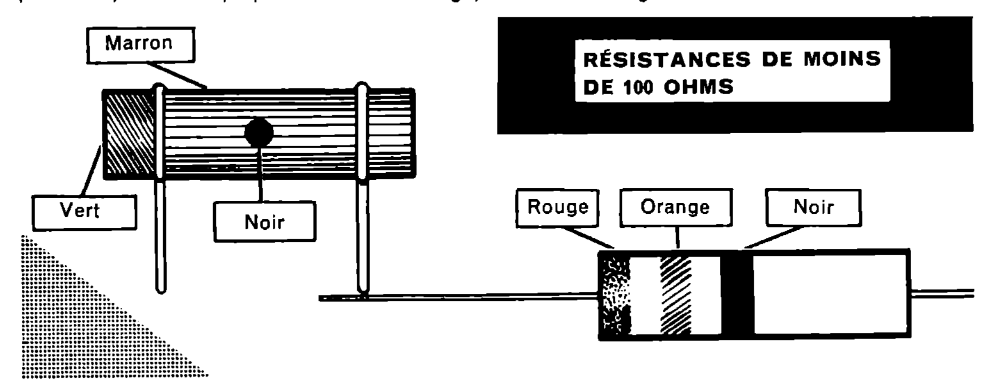
Les résistances utilisant ce système de repère ont le corps de la résistance peint d'une certaine couleur, une extrémité de la résistance est peinte d'une autre couleur, et un point d'une troisième couleur se trouve vers le milieu de la résistance. Vous pouvez, par exemple, avoir une résistance dont le corps est vert, une extrémité rouge et le point au milieu orange. La couleur du corps de la résistance indique le premier chiffre, la couleur de l'extrémité de la résistance indique le deuxième chiffre, et la couleur du point au milieu donne le nombre de zéros à ajouter aux chiffres ainsi obtenus. La valeur de votre résistance est donc de 52 000 ohms. Ce chiffre s'obtient comme suit :



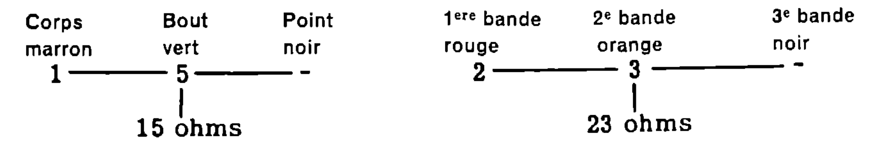
Les résistances à connexions axiales sont généralement marquées par des bandes de couleur qui se trouvent d'un côté de la résistance. La couleur du corps de la résistance ne sert pas alors à indiquer la valeur de la résistance. Par conséquent, le corps de la résistance peut être de n'importe quelle couleur pourvu qu'elle ne soit pas identique à la couleur de l'une des bandes. Par exemple, vous pouvez avoir une résistance dont le corps est brun et qui comporte à l'une de ses extrémités trois bandes de couleurs différentes (rouge, verte et jaune). Les trois bandes de couleur doivent être lues en commençant par celle du bout, puis les deux autres en avançant vers le centre, ce qui donne 250 000 ohms. Ce résultat s'obtient comme suit :



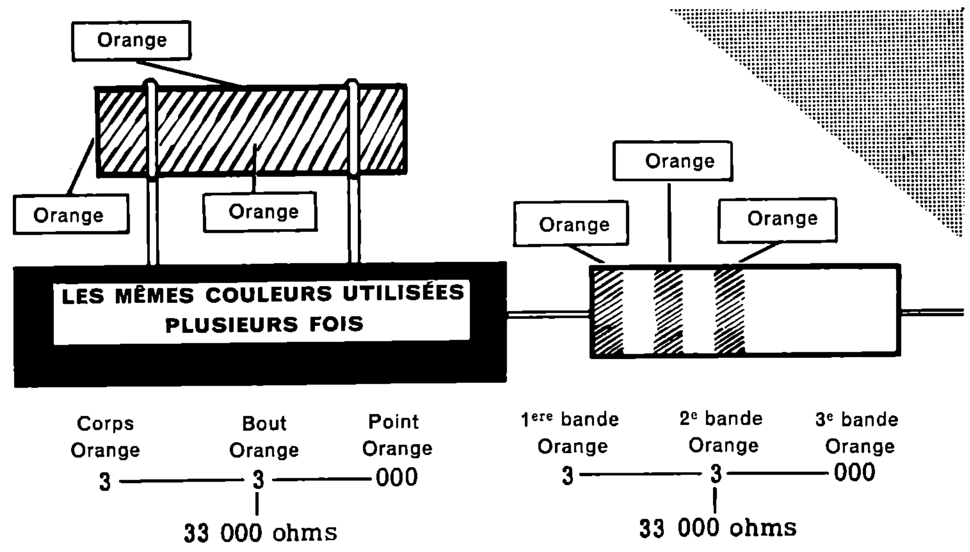
Lorsque le point au milieu de la résistance ou la troisième bande est noir(e), la valeur de la résistance est de moins de 100 ohms, puisque le noir signifie qu'il n'y a pas de zéro à ajouter aux deux premiers chiffres. Supposez que vous ayez deux résistances, l'une dont le corps est marron, le bout vert et le point noir, et l'autre qui porte une bande rouge, une bande orange et une bande noire.



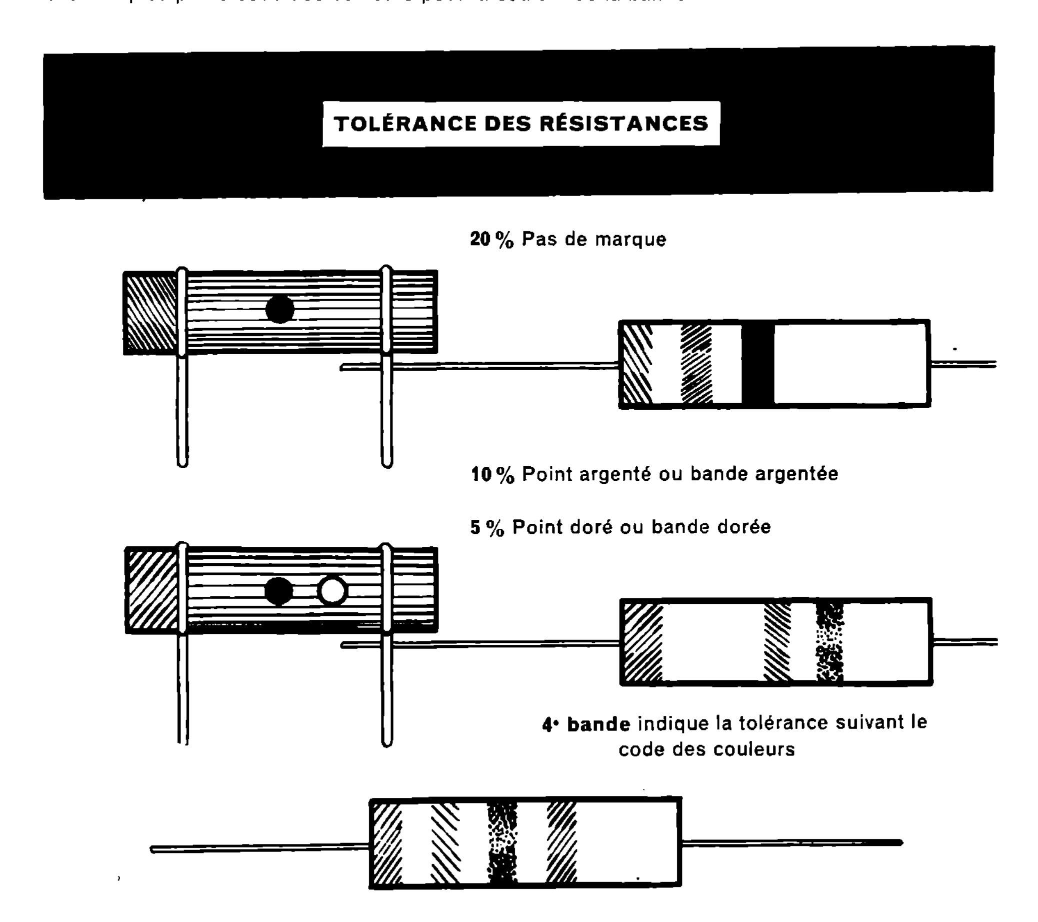
En lisant les couleurs vous trouvez que les deux résistances ont des valeurs respectives de 15 et de 23 ohms. Ces valeurs s'obtiennent comme suit :



Si la même couleur est utilisée plusieurs fois, toute la résistance peut être d'une seule couleur, ou bien deux des trois critères peuvent être de la même couleur. Le code des couleurs est utilisé exactement comme avant. Par exemple, une résistance de 33 000 ohms est entièrement orange si elle est marquée selon le système corps-bout-point, et si elle est marquée selon le système des bandes bout-vers-milieu, elle a trois bandes oranges.



Si la résistance ne comporte que trois couleurs différentes, sa tolérance est de 20%. Lorsqu'une quatrième couleur est utilisée, cela signifie que la tolérance (précision, exactitude) est inférieure à 20% et égale à la valeur indiquée par le code des couleurs. Un point argenté à n'importe quel endroit de la résistance indique que la tolérance de celle-ci est de 10%, tandis qu'un point doré indique une tolérance de 5%. Les résistances à connexions axiales utilisent une quatrième bande pour indiquer la tolérance et, si cette quatrième bande n'est ni dorée ni argentée, la tolérance en % est celle indiquée par le code des couleurs pour la couleur de la bande.

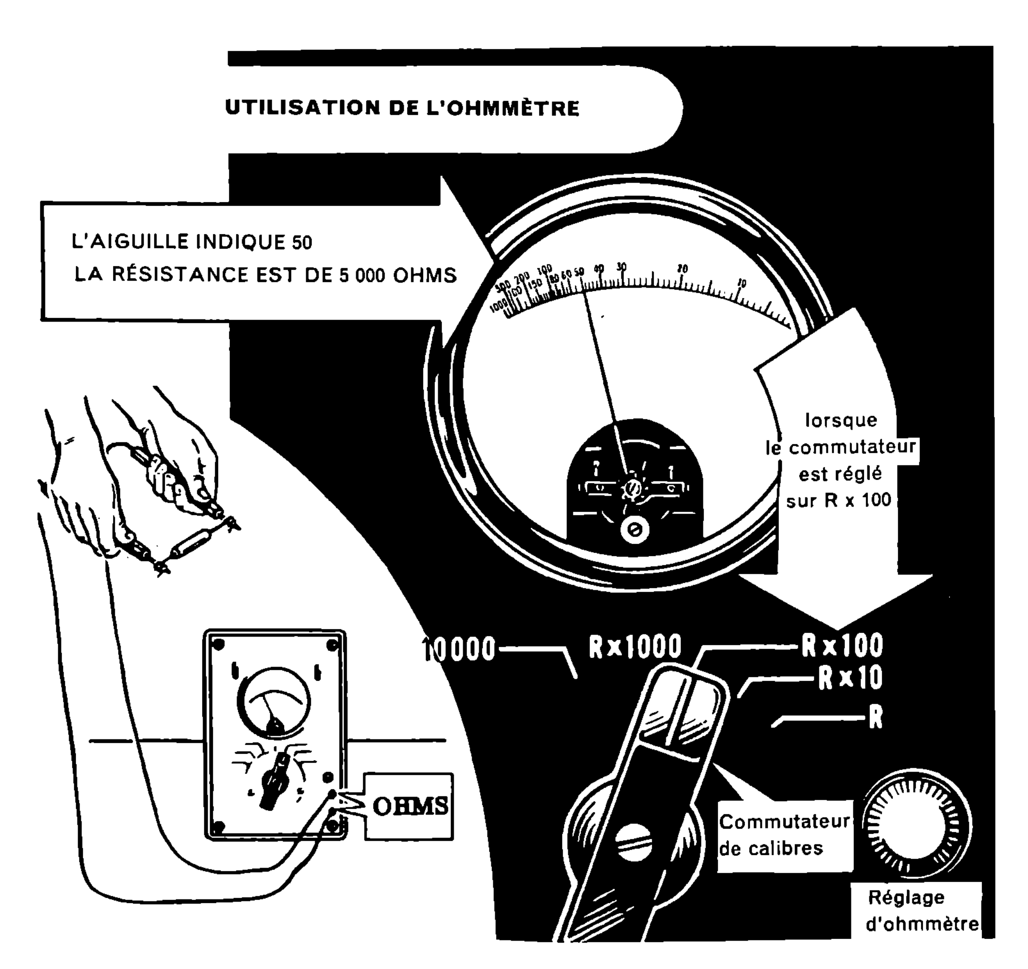


Les résistances au carbone ne sont faites qu'en des valeurs comportant seulement deux chiffres signifiants suivis par des zéros. Entre 1 et 99 ohms, il existe des résistances pour tous les nombres entiers, les résistances ne diffèrent donc que par un ohm, par exemple, 55 et 56 ohms. Mais déjà entre 100 et 1 000 ohms, la différence est de 10 ohms, par exemple, 550 et 560 ohms. Entre 1 000 et 10 000 ohms, les valeurs les plus voisines diffèrent de 100 ohms, et entre 100 000 et 1 000 000, les valeurs les plus proches diffèrent de 10 000 ohms. Lorsque vous avez besoin d'une valeur que vous ne pouvez obtenir directement, par exemple 5 650, vous pouvez monter deux résistances en série. Pour obtenir 5 650 ohms, plusieurs combinaisons sont possibles : 5 600 et 50 ohms, 5 000 et 650 ohms, 5 200 et 450 ohms, etc. Cependant, on se contente généralement de prendre la valeur la plus proche, car, dans la plupart des cas, une précision au-delà de 2 chiffres n'est pas nécessaire.

DÉMONSTRATION. OHMMÈTRE

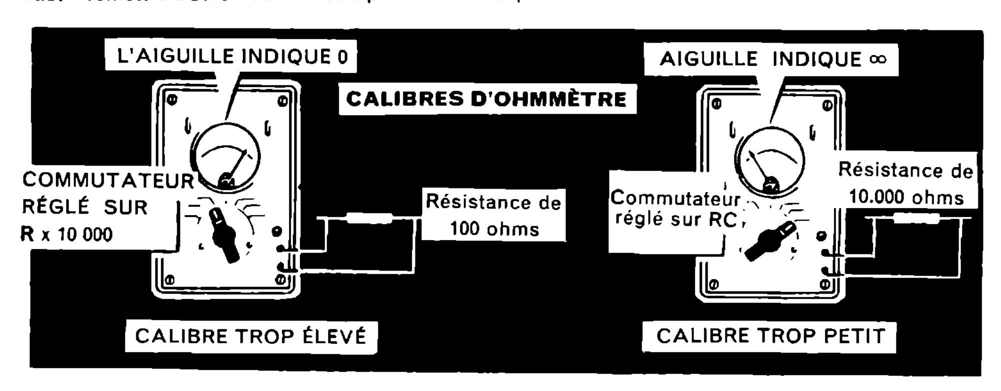
Pour montrer comment on utilise correctement un ohmmètre pour mesurer la résistance, le professeu explique et montre maintenant la mesure de la résistance avec un ohmmètre à calibres multiple: Vous pouvez constater que le professeur utilise les calibres de l'ohmmètre (R, Rx10, Rx100 et Rx100 en insérant les fils de test seulement après avoir choisi le calibre approprié à l'aide d COMMUTATEUR DE CALIBRES.

Maintenant, les fils de test sont introduits dans les bornes de l'ohmmètre, et le professeur met e contact les deux pointes de test pour vérifier si l'aiguille de l'ohmmètre atteint à peu près sa déviatio totale. Le commutateur de calibres est mis sur le calibre voulu et le RÉGLAGE D'HOMMÈTRE es utilisé pour obtenir exactement la déviation totale de l'aiguille, qui correspond à zéro ohm sur l'échelle Pour mesurer une résistance, le professeur choisit d'abord le calibre approprié et « remet à zéro l'ohmmètre, après quoi il touche les deux fils de la résistance avec les pointes de test. L'ohmmètr indique alors une certaine résistance. Si le professeur a utilisé le calibre R, il peut lire la valeur de l résistance directement sur l'échelle, mais s'il a utilisé un autre calibre, la valeur indiquée pa l'ohmmètre doit être multipliée par le facteur de multiplication de ce calibre. Par exemple, si l'on choisi le calibre R x 100, et que l'aiguille indique 50, la résistance est de 5 000 ohms.

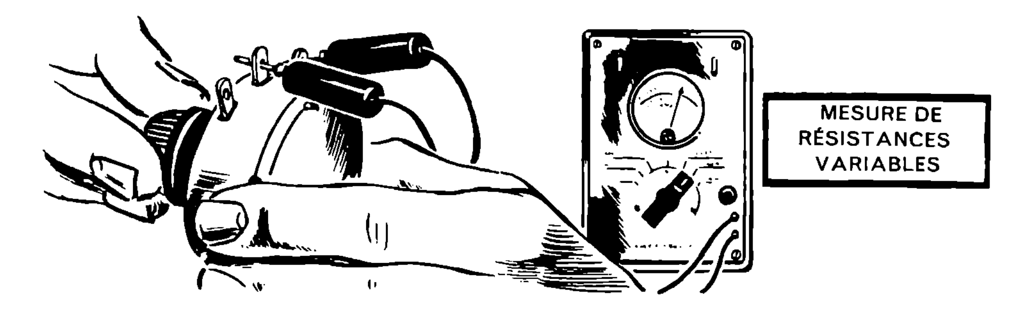


Lorsqu'on mesure successivement plusieurs résistances, remarquez qu'il faut remettre l'aiguille à zéro chaque fois que l'on change de calibre, car la remise à zéro varie légèrement selon les calibres. Pendant que le professeur mesure les résistances que vous avez déjà déterminées par le code des couleurs, comparez les valeurs mesurées et celles que vous aviez obtenues par le code des couleurs. Compte tenu de la tolérance des résistances, les valeurs obtenues des deux façons devraient être à peu près les mêmes. Cependant, dans la plupart des cas, les valeurs mesurées sont un peu plus exactes.

Pendant que le professeur mesure les différentes résistances, vous voyez combien il est important de choisir le calibre approprié. Avec les calibres très élevés, l'aiguille indique 0 ohm pour les résistances faibles, tandis qu'avec les calibres faibles, l'aiguille indique le maximum d'ohms pour des résistances fortes. Par exemple, pour une résistance de 100 ohms, l'aiguille indiquerait 0 ohm si l'on se servait du calibre qui mesure jusqu'à 10 000 ohms. D'autre part, pour une résistance de 10 000 ohms, l'aiguille indiquerait une résistance infinie si l'on se servait du calibre R. Pour choisir le calibre approprié, le meilleur procédé est celui que montre le professeur en branchant les pointes de test sur les bornes de la résistance à mesurer et en faisant ensuite passer le commutateur de calibres par tous les calibres jusqu'à trouver celui pour lequel l'aiguille se trouve déviée à peu près au milieu de l'échelle. N'oubliez pas cependant que, pour obtenir une mesure précise, il faut « remettre à zéro » l'ohmmètre pour le calibre qu'on va utiliser.



Maintenant, le professeur relie l'une des pointes de test de l'ohmmètre à la prise centrale d'une résistance variable et l'autre pointe de test à l'une des bornes extérieures de la résistance variable. Pour montrer comment on peut modifier la résistance, le professeur tourne la tige et vous voyez que la résistance entre ces bornes change à mesure que la tige tourne. Maintenant, le professeur branche les pointes de test sur les deux bornes extérieures de la résistance variable, et lorsqu'il tourne de nouveau la tige, vous voyez que la résistance entre ces bornes ne change pas.



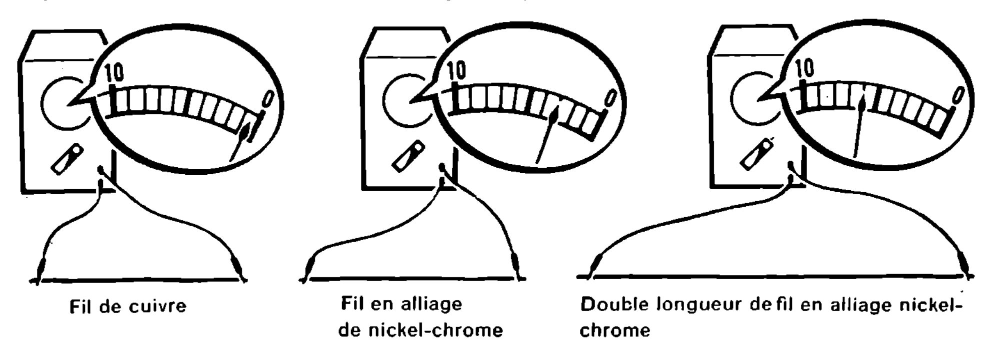
MESURE DE RÉSISTANCES VARIABLES

DÉMONSTRATION. FACTEURS DÉTERMINANT LA RÉSISTANCE

Vous avez vu comment on mesurait les différentes résistances, et vous vous êtes peut-être demandé comment des résistances de taille et de formes identiques pouvaient avoir des valeurs de résistance aussi variées. Dans les résistances au carbone, le barreau de carbone est fait de graphite finement moulé et mélangé avec une matière de remplissage. En modifiant la quantité de carbone (graphite) dans ce mélange, on peut obtenir des valeurs de résistance très différentes. Pour les résistances bobinées, la variété de valeurs de résistance s'obtient, soit par l'utilisation de fils de longueurs différentes, soit par l'utilisation de différentes matières, mais en maintenant la même taille de boîtier en porcelaine ou en bakélite.

Pour montrer l'influence de la matière d'un conducteur sur sa résistance, le professeur prend deux morceaux de fil de la même longueur, l'un de cuivre et l'autre d'un alliage de nickel et de chrome, et mesure leurs résistances. Remarquez que le fil de cuivre a une résistance de moins de 1 ohm, tandis que la résistance du fil en alliage de nickel et de chrome est supérieure à 1 ohm.

En utilisant du fil en alliage de nickel et de chrome, le professeur montre maintenant l'influence de la longueur et de la section d'un conducteur sur sa résistance. Pour montrer l'influence de la longueur sur la résistance, il prend deux morceaux de fil dont l'un est exactement deux fois plus long que l'autre. Puis, il mesure la résistance de chacun de ces morceaux, et vous voyez que le plus long des fils a une résistance deux fois plus grande que l'autre.

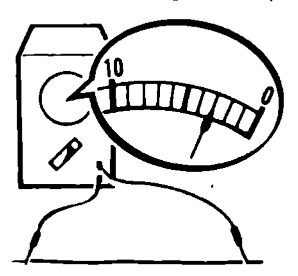


Fil de cuivre

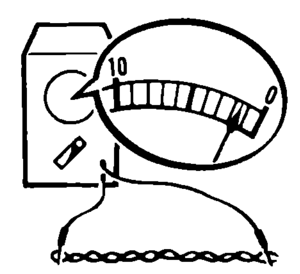
Fil en alliage de nickel-chrome

Double longueur de fil en alliage nickel-chrome

Maintenant, le plus long des deux fils est plié en deux et torsadé pour qu'il ait la même longueur que l'autre, mais une section deux fois plus grande. Lorsqu'on mesure alors de nouveau les deux résistances, on constate que le fil le plus long a une résistance plus petite parce que sa section est plus grande que celle de l'autre. Les fils qui ont une plus grande section n'ont pas seulement une résistance plus faible; ils peuvent aussi être traversés par de plus grands courants puisqu'ils offrent au courant un passage plus important. Lorsque vous étudierez les circuits en parallèle, vous aurez l'occasion d'examiner davantage l'effet que produit l'augmentation de la section.



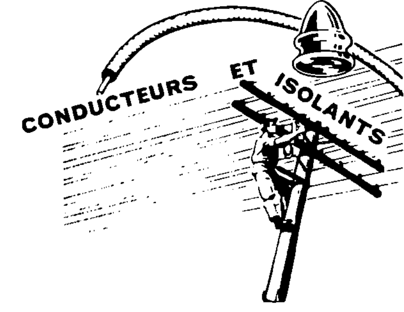
Fil en alliage nickel-chrome, section simple



Fil en alliage nickel-chrome, section double

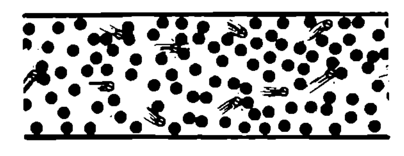
RÉCAPITULATION. RÉSISTANCE

Maintenant, nous allons réviser brièvement ce que vous venez d'apprendre et de voir au sujet de la résistance et de la manière de la mesurer.

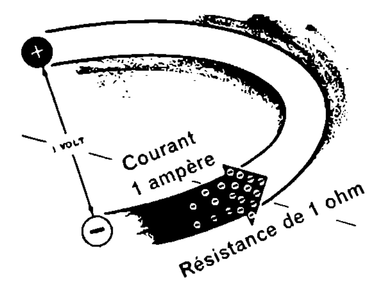


CONDUCTEUR — Un conducteur est une matière qui abandonne facilement des électrons « libres » et présente peu d'opposition au courant électrique.

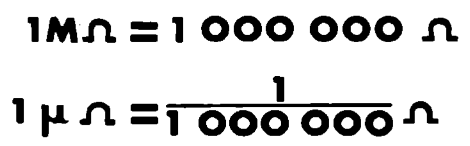
ISOLANT — Un isolant est une matière qui n'abandonne pas facilement des électrons « libres » et présente une grande opposition au courant électrique.



RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE D'UN CONDUCTEUR — Propriété d'un conducteur de s'opposer plus ou moins au passage du courant électrique.

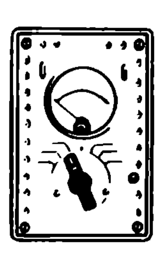


OHM — L'ohm est l'unité de base qui définit la résistance permettant un courant de 1 ampère lorsqu'une f. é. m. de 1 volt est appliquée au conducteur.

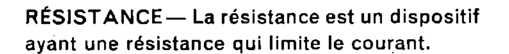


MÉGOHM — Un mégohm est égal à un million d'ohms.

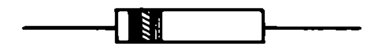
MICROHM — Un microhm est égal au millionième d'un ohm.



OHMMÈTRE — L'ohmmètre est un appareil qui sert à mesurer directement la résistance.

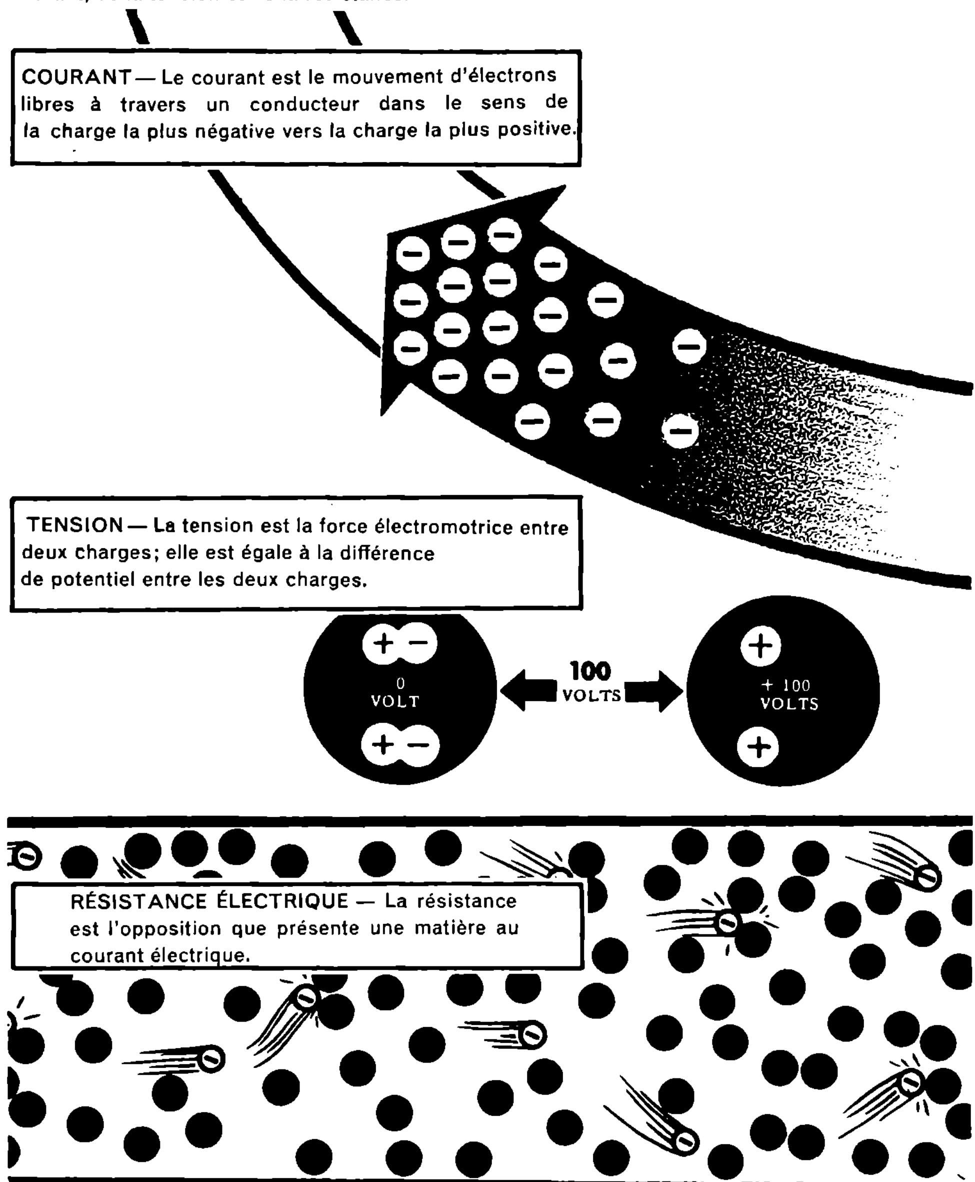


RÉSISTANCE — La résistance est un dispositif ayant une résistance qui limite le courant.



RÉCAPITULATION. COURANT, TENSION, RÉSISTANCE.

En conclusion à votre étude de l'action de l'électricité, révisez ce que vous avez appris au sujet du courant, de la tension et de la résistance.



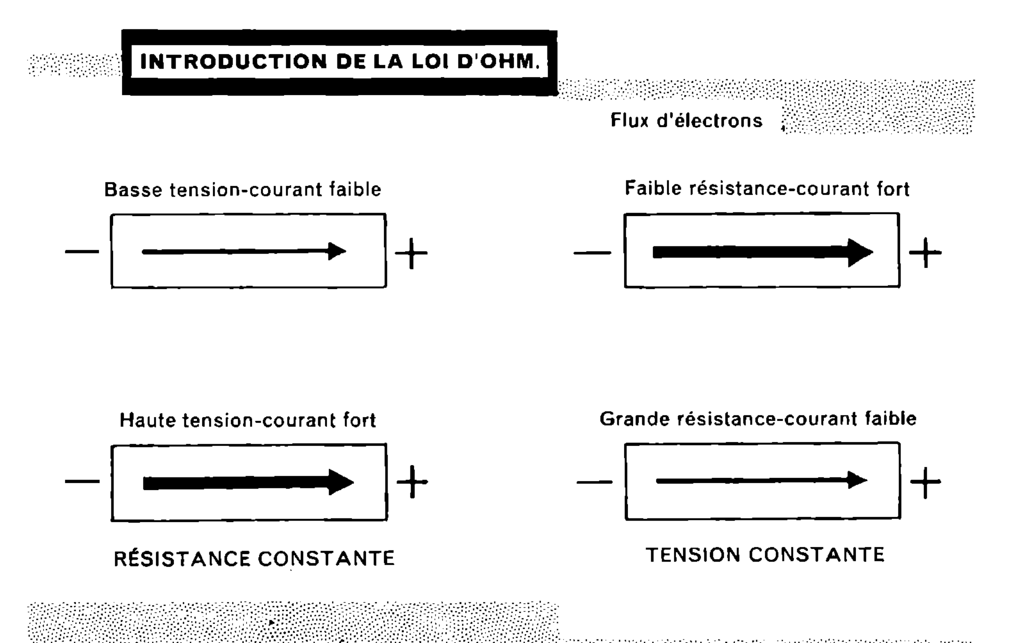
Rappelez-vous surtout les rapports qui existent entre le courant, la tension et la résistance. Un courant est provoqué par une tension entre deux points, et limité par la résistance entre ces mêmes points. Vous allez poursuivre votre étude avec les circuits électriques, et la manière dont ils utilisent le courant, la tension et la résistance.

RAPPORTS ENTRE TENSION, INTENSITÉ ET RÉSISTANCE

La tension, comme vous le savez, est la quantité de force électromotrice (f. é. m.) appliquée à une résistance pour provoquer un flux d'électrons dans cette résistance. Vous comprenez aisément que, plus la tension que vous appliquez à la résistance est grande, plus est grand le nombre d'électrons qui traversent cette résistance à la seconde. De la même manière, le flux d'électrons est d'autant plus faible que la tension est plus basse.

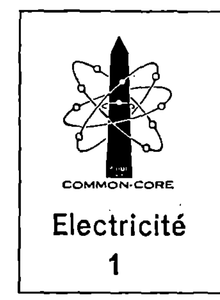
La résistance, comme vous le savez, est le facteur qui limite le flux des électrons. Si vous augmentez la résistance d'un circuit auquel est appliquée une tension constante, le flux des électrons diminue. De la même manière, le flux des électrons augmente à mesure que vous diminuez la résistance.

Les rapports entre la tension, la résistance et l'intensité qu'on vient de décrire dans les deux paragraphes précédents ont été étudiés par le mathématicien allemand Georges Simon Ohm. Selon sa découverte, connue désormais sous le nom de loi d'Ohm, le courant est directement proportionnel à la tension, et inversement proportionnel à la résistance. La formule mathématique de cette loi ne vous intéresse pas pour le moment; vous l'étudierez quand vous aborderez le volume 2.



INDEX ALPHABÉTIQUE DU TOME 1

Note : L'index alphabétique relatif aux cinq volumes de la série se trouve à la fin du tome 5.



Imprimé en Belgique

Les cours illustrés COMMON-CORE ont amené une révolution dans l'art de concevoir et de présenter les livres techniques.

En janvier 1964, paraissait le premier volume en français. En 1979, c'est toute une collection qui est offerte au public.

Le tirage total des volumes parus atteint 600.000 exemplaires, chiffre remarquable pour des éditions techniques.

Plan de la collection :

Électricité . . . . 6 volumes

Électronique . . . . 6 volumes

Systèmes de Synchronisation et Servomécanismes . . . . 2 volumes

Radars, principe et fonctionnement . . . . 1 volume

Circuits électroniques . . . . 2 volumes

Électricité industrielle . . . . 2 volumes

Télévision . . . . 1 volume

® vvnen
Trade Mark

COMMON-CORE

ISBN 2 — 7130 — 0033 — 5 (édition complète)
ISBN 2 — 7130 — 0099 — 8 (volume 1)